



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

**Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia
(Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma
avaliação preliminar**

Rui Manuel dos Santos Silva



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

**Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia
(Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma
avaliação preliminar**

Rui Manuel dos Santos Silva

Nº 1040251

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente, realizada sob a orientação do Doutor Helder I. Chaminé, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP e do Doutor João Paulo Meixedo, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.

Júri

Presidente

Doutor José Augusto de Abreu Peixoto Fernandes
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor João Paulo Meixedo dos Santos Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestre José Augusto Alves Teixeira
*Bolseiro de Investigação, Centro GeoBioTec (Grupo de Georrecursos, Geotecnia e Geomateriais) Universidade de Aveiro;
Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada/LABCARGA, Instituto Superior de Engenharia do Porto*

Doutor António Alberto Teixeira Gomes
Professor Auxiliar, Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Dedico esta tese ao meu Pai que sempre sonhou com este momento; no entanto, foi a vontade de Deus retirá-lo deste Mundo antes de o brindar com esta dissertação. Dedico, igualmente, à minha querida Mãe, figura matriarca da família, que outrora desempenhara as tarefas de Mãe e Pai, e viria a desempenhá-las novamente no presente. A toda a minha família, pelos inúmeros sacrifícios, o meu Muito Obrigado!

Agradecimentos

Apraz-me fazer um agradecimento, a todos aqueles que, de uma forma mais ou menos directa ou indirecta e/ou mais ou menos interventiva, me incentivaram e apoiaram, na elaboração do presente estudo. Todavia, faço questão de destacar, em particular:

➤ Aos meus orientadores, Prof. Doutor Helder I. Chaminé (ISEP) e Prof. Doutor João Paulo Meixedo (ISEP), o meu muito obrigado pela relação amigável que sempre me proporcionaram, bem como o genuíno acolhimento que permitiu conceber, desenvolver e terminar todo este trabalho em tempo útil e de um modo sereno. Ao Prof. João Paulo Meixedo, pela prestimosa colaboração e competência demonstradas desde o início da concepção desta investigação. Pela agradável companhia nas horas em que lhe foi possível estar comigo e durante os trabalhos de campo. Ao Prof. Helder I. Chaminé, torno público, o meu mais sincero reconhecimento pela postura adoptada ao longo do período de execução do trabalho e pela atitude prestável e dedicada, quer nos trabalhos de campo quer nos trabalhos de gabinete. Agradecido pela imensa documentação bibliográfica relativa à cartografia geotécnica e geociências urbanas. Grato, a ambos, pela leitura metódica e exaustiva às várias versões do manuscrito;

➤ À Mestre Patrícia Sousa Moreira (LABCARGA|ISEP), pelo incomparável e inigualável apoio prestado no exaustivo levantamento do estado de compartimentação do maciço rochoso, que serviu de base a todo este estudo. Pelas imensas horas que durante muitos dias passou comigo em detrimento do seu próprio trabalho ou descanso. Pela competência já mais que demonstrada, quer em matérias práticas quer em matérias mais teóricas, proporcionando uma saudável discussão e resolução de indecisões que iriam surgindo ao longo do trabalho. Pela motivação nos momentos menos bons. Para que fique publicamente registado, o meu muito obrigado;

➤ Ao Mestre José Teixeira (Centro GeoBioTec|UA e LABCARGA|ISEP), pela colossal colaboração na elaboração de todos os mapas que integram este documento. Pela excelente relação de trabalho fundada nos trabalhos de gabinete e que, rapidamente, se transpôs para as saídas de campo que protagonizamos em conjunto. Grato pelos conhecimentos partilhados em cartografia aplicada e SIG;

➤ À Mestre Maria José Afonso (ISEP), um agradecimento especial pela leitura crítica da primeira versão do manuscrito, bem como a cedência e a partilha de muitos elementos de dados hidrogeológicos da área em estudo;

➤ Um agradecimento especial ao director do Centro de Prestação de Serviços do ISEP — Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) — Professor Doutor H. I. Chaminé, por todas as facilidades na utilização dos recursos do laboratório. Este trabalho recebeu apoio parcial do projecto HIDROURBAN (LABCARGA-IPP|PADInv/2007'08). Um agradecimento a todos os colaboradores do LABCARGA|ISEP, pelo modo como inicialmente me acolheram e, posteriormente, me apoiaram;

➤ Aos colegas Mestre Luís Ramos (MonteAdriano-Agregados) e ao Mestre Luís Fonseca (Descavador), pela partilha e adaptação da base de dados geotécnica-geomecânica sobre compartimentação de maciços rochosos desenvolvida no âmbito das suas investigações de mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente (MEGG);

- À colega Mestre Rosália Monteiro (CMG), pela partilha dos dados referentes ao sector dos taludes de Afurada e da sua experiência no âmbito das suas investigações de MEGG;
- A todos os Docentes do ISEP, que ao longo destes cinco anos, me instruíram e contribuíram para a minha formação básica e avançada em engenharia geotécnica;
- Aos meus amigos e colegas do ISEP, que me acompanharam e comigo conviveram ao longo desta fase no ensino superior politécnico. Pelas boas horas de estudo passadas em conjunto, em particular, Bruno Pires, João Sousa e Joana Ferreira;
- A todos os colegas e amigos, sem excepção. Sinto-me extraordinariamente grato e lisonjeado, pela vossa amizade e companhia, pela demonstração de orgulho e confiança que sempre depositaram em mim;
- Por fim, mas não menos importante, aos meus Pais, Irmãos e a toda a minha Família, por toda a compreensão, a dedicação, o afecto e o enorme apoio prestado. Pelos recursos que todos vocês dispensaram na construção do meu futuro. Pelo interesse que demonstraram em resolver todos os meus problemas, pelas conversas e desabafos não só nesta fase mas ao longo de toda a minha vida. Pela confiança, o orgulho, a esperança e a fé, que sempre depositaram em mim. Mas agradeço-vos especialmente, pela soberba educação, pelos valores e pelos princípios que me transmitiram, sem isto, jamais seria o Homem que sou hoje e nem nada disto seria possível e faria sentido... *O meu muito obrigado!*

Palavras-chave

Geotecnia Urbana, Cartografia Geotécnica, Cartografia SIG, Geomecânica, Vila Nova de Gaia.

Resumo

A importância de Vila Nova de Gaia como a terceira maior cidade portuguesa e como centro de intensa actividade económica e cultural conduz a uma constante necessidade de expansão. O aumento da densidade populacional acarreta a realização de projectos complexos de engenharia, utilizando o subsolo para a construção e, frequentemente, em terrenos com características geotécnicas desfavoráveis. Estes factos, associados à escassez de estudos científicos recentes de natureza geológica e geotécnica em Gaia, justificam o estudo preliminar de geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia.

É reconhecido que as descontinuidades desempenham um papel determinante nas propriedades mecânicas de um maciço rochoso, nomeadamente em taludes, sendo assim extremamente importantes na avaliação do comportamento estrutural do maciço rochoso. Desta forma, as propriedades das descontinuidades deverão ser contempladas nas descrições e caracterizações, nos mapas geológicos aplicados e nos cálculos envolvidos em estruturas de engenharia desenvolvidas num maciço rochoso. Este trabalho enfatiza a importância de um estudo geológico e geotécnico para um melhor conhecimento da estabilidade dos taludes rochosos graníticos da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (entre o Cais de Gaia, Santa Marinha e a praia de Lavadores – Canidelo).

Este trabalho envolveu, inicialmente, uma caracterização topográfica, morfoestrutural e geotectónica da área de estudo e, numa fase posterior, a avaliação geotécnica e geomecânica de diversos taludes rochosos. Os principais constrangimentos geológicos, geotécnicos e geomecânicos foram compilados e integrados para os taludes estudados. Para esta caracterização recorreu-se à técnica da amostragem linear aplicada a superfícies expostas do maciço. Além disso, foi avaliada a resistência à compressão uniaxial do material-rocha com base em ensaios esclerométricos. Procedeu-se, ainda, a um tratamento estatístico das descontinuidades, bem como dos parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos a estas associados sugeridos pela ISRM. Todos os dados foram representados cartograficamente numa base apoiada pelos Sistemas de Informação Geográfica.

Keywords

Urban Geotechnics, Geotechnical Cartography, GIS Mapping, Geomechanics, Vila Nova de Gaia.

Abstract

The importance of Vila Nova de Gaia city as the third largest Portuguese city and as a centre of intense economic and cultural activity leads to a constant need for expansion. The strong pressure of urbanization increases urban population density and, in turn, guides to the undertaking of complex engineering projects, using the subsoil for underground construction or, often, undertaking construction on ground which has unfavourable geotechnical characteristics. These reasons, associated with very limited scientific recent work on the geological and geotechnical nature of Gaia, justified the preliminary study of a comprehensive urban geotechnical insight of the Vila Nova de Gaia riverside downtown.

It has been recognized that discontinuities have a major influence on the mechanical properties of a rock mass, namely on slopes. This perception has major consequences for the assessment of the engineering behaviour of a rock mass. Descriptions and characterizations, engineering geological maps and calculations for engineering structures on a rock mass have to include discontinuity properties. This work emphasizes the importance of a geological and geotechnical study to a better understanding of granitic rock slopes stability in Vila Nova de Gaia riverside downtown (between Cais de Gaia, Santa Marinha and Lavadores beach – Canidelo).

This study involved, previously, a topographic, morphostructural and geotectonical characterization of the study area and, in a subsequent stage, a geotechnical and geomechanical assessment from several rock slope exposures. The main geological, geotechnical and geomechanical constraints were compiled and integrated along the studied slopes. For this characterization, the scanline sampling technique of discontinuities has been applied to the study of free rock-mass faces. In addition, uniaxial compressive strength was estimated by means of Schmidt hardness. As well, the evaluation methods of field data for discontinuities sets and the statistical characterisation of all their ISRM parameters are also presented. All compiled data was followed by a cartographic representation based on a Geographic Information System.

ÍNDICE

Resumo	xi
Abstract	xiii
1. Introdução geral	1
1.1. Considerações iniciais	3
1.2. Enquadramento e objectivos	6
1.3. Apresentação da dissertação	8
2. Cartografia geotécnica: fundamento e aplicações	9
2.1. Introdução	11
2.2. Tipos de mapas	15
2.2.1. Classificação	15
2.2.2. Conteúdo dos mapas geotécnicos	17
2.2.2.1. Classificação e propriedades geotécnicas de solos e rochas	18
2.2.2.2. Condições hidrogeológicas e hidrológicas	19
2.2.2.3. Condições geomorfológicas	20
2.2.2.4. Processos geodinâmicos	21
2.3. Métodos cartográficos	22
2.3.1. Zonamento geotécnico	22
2.3.2. Representação dos dados	26
2.3.3. Perfis geotécnicos	28
2.3.4. Cartografia automática SIG	28
2.4. Obtenção de dados	31
2.5. Algumas aplicações	33
2.5.1. Ordenamento do território	33
2.5.2. Obras de engenharia	34
2.5.3. Riscos geológicos	36
2.6. Breve caracterização geológico-geotécnica de maciços	41
2.6.1. Introdução	41
2.6.2. Características da matriz rochosa	43
2.6.3. Descrição das descontinuidades	43
2.6.4. Descrição de maciços rochosos	45
2.6.5. Técnica de amostragem linear aplicada às superfícies de descontinuidades	55
3. Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Santa Marinha, São Pedro da Afurada e Canidelo): reconhecimento preliminar	61
3.1. Considerações iniciais	63
3.2. Localização	65
3.3. Aspectos históricos do município de Vila Nova de Gaia	66

3.4. Enquadramento regional	68
3.5. Materiais, métodos e técnicas	73
3.6. Caracterização de factores: esboços cartográficos preliminares	77
3.6.1. Generalidades	77
3.6.2. Esboço geológico	79
3.6.3. Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos dos afloramentos rochosos estudados: apresentação, descrição e caracterização	80
3.6.3.1. Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo	80
3.6.3.2. Afloramento 2 – Cais Lugan	88
3.6.3.3. Afloramento 3 – Rua da Praia	97
3.6.3.4. Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo	106
3.6.3.5. Afloramento 5 – Rua do Cabedelo	117
3.6.3.6. Afloramento 6 – Av. Deocleciano Monteiro	127
3.6.3.7. Afloramento 7 – Praia de Lavadores	135
3.6.4. Esboço geomorfológico	155
3.6.5. Esboço hidrogeológico e drenagem de superfície	156
3.6.6. Esboço da ocupação do solo	161
3.6.7. Localização dos trabalhos de prospeção mecânica: ponto de situação preliminar	162
3.6.8. Esboço preliminar da susceptibilidade geotécnica	162
3.7. Estimativa de custos inerentes ao estudo: abordagem preliminar	163
4. Conclusões	165
5. Referências bibliográficas	171

Índice de Figuras

Figura 1. Aspectos a ter em conta na cartografia para uma finalidade específica ou multi-finalidades	14
Figura 2. Aspectos fundamentais na classificação e descrição geológico-geotécnica de maciços rochosos e terrosos	19
Figura 3. Fluxograma ideal com as diferentes etapas envolvidas no processos de cartografia geotécnica, com destaque para as unidades geotécnicas	25
Figura 4. Exemplo das siglas utilizadas nos mapas geotécnicos	27
Figura 5. Esquema da finalidade e âmbito do estudo da geomecânica	42
Figura 6. Representação esquemática das propriedades geológico-geotécnicas das discontinuidades	52
Figura 7. Esquema do dispositivo para levantamento de discontinuidades pela técnica de amostragem linear	55
Figura 8. Ficha tipo de levantamento geomecânico de campo, com aplicação da técnica de amostragem linear	57
Figura 9. Aplicação do esclerómetro portátil no maciço rochoso	57
Figura 10. Ábaco de Miller para o cálculo da resistência à compressão simples a partir do martelo de Schmidt	58
Figura 11. Exemplos de subsidência e/ou deslizamentos de terrenos nas proximidades das escarpas da zona ribeirinha do rio Douro	64
Figura 12. Enquadramento geográfico de Vila Nova de Gaia e concelhos envolventes, bem como das freguesias da área em estudo	65
Figura 13. Aspectos das antigas povoações <i>Gaya</i> e <i>Villa Nova</i> numa gravura inglesa publicada em Londres no mês de Outubro de 1838	67
Figura 14. Cartografia antiga da área de Vila Nova de Gaia (<i>Gaya</i> e <i>Villa Nova</i>) e Porto (data provável do mapa 1832)	68
Figura 15. Esboço morfotectónico da região de Vila Nova de Gaia, no quadro regional da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Águeda	69
Figura 16. Esboço geológico regional da área a Sul da Foz do Douro	71
Figura 17. Modelo digital de terreno da área a Sul da Foz do Douro	72
Figura 18. Esboço de declives da área a Sul da Foz do Douro	72
Figura 19. Localização dos afloramentos seleccionados para o presente estudo	73
Figura 20. Exemplo de compilação e uniformização dos ensaios “in situ” com o esclerómetro portátil	75
Figura 21. Exemplo de aplicação da base de dados, <i>ScanData-BGD</i> , desenvolvida para maciços rochosos fracturados	76
Figura 22. Tipologia dos esboços cartográficos elaborados nesta dissertação para o estudo geotécnico urbano da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia	79
Figura 23. Localização do Afloramento 1	81
Figura 24. Aspecto geral do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	81

Figura 25. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	81
Figura 26. Tipos de descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	83
Figura 27. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=83) do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	83
Figura 28. Abertura das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	84
Figura 29. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	84
Figura 30. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	85
Figura 31. Terminação das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	85
Figura 32. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	86
Figura 33. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	86
Figura 34. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	87
Figura 35. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	88
Figura 36. Localização do Afloramento 2	89
Figura 37. Diversos aspectos do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	89
Figura 38. Perfil esquemático interpretativo e algumas características do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	90
Figura 39. Grau de alteração do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	91
Figura 40. Tipos de descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	91
Figura 41. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=311) do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	92
Figura 42. Abertura das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	92
Figura 43. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	93
Figura 44. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	93

Figura 45. Terminação das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	94
Figura 46. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	94
Figura 47. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	95
Figura 48. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	95
Figura 49. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	96
Figura 50. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	96
Figura 51. Localização do Afloramento 3	97
Figura 52. Aspectos diversos do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	98
Figura 53. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	98
Figura 54. Grau de alteração do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	100
Figura 55. Tipos de descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	101
Figura 56. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=264) do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	101
Figura 57. Abertura das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	102
Figura 58. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	102
Figura 59. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	103
Figura 60. Terminação das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	103
Figura 61. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	104
Figura 62. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	104
Figura 63. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	105

Figura 64. Presença de água nas descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	105
Figura 65. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	106
Figura 66. Localização do Afloramento 4	107
Figura 67. Aspectos gerais do talude 1 do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	107
Figura 68. Aspecto geral do talude 2 do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	107
Figura 69. Esboço representativo e algumas características dos dois taludes do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	108
Figura 70. Grau de alteração do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	110
Figura 71. Tipos de descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	110
Figura 72. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=369) do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	111
Figura 73. Abertura das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	111
Figura 74. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	112
Figura 75. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	112
Figura 76. Terminação das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	113
Figura 77. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	113
Figura 78. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	114
Figura 79. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	114
Figura 80. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	115
Figura 81. Resistência à compressão simples correspondente ao material-rocha do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia)	116
Figura 82. Localização do Afloramento 5	117

Figura 83. Aspectos gerais dos três taludes do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia)	117
Figura 84. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).	118
Figura 85. Grau de alteração do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	120
Figura 86. Tipos de descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).	120
Figura 87. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=215) do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).	121
Figura 88. Abertura das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia)	121
Figura 89. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia)	122
Figura 90. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	122
Figura 91. Terminação das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	123
Figura 92. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	123
Figura 93. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia)	124
Figura 94. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia)	124
Figura 95. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	125
Figura 96. Resistência à compressão simples realizada no maciço, correspondente ao material-rocha do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	126
Figura 97. Localização do Afloramento 6	126
Figura 98. Aspecto geral do Afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	127
Figura 99. Esquema do método da linha de amostragem linear (<i>scanline</i>) “quebrada” utilizada no afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	127
Figura 100. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	128
Figura 101. Grau de alteração do maciço do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	129
Figura 102. Tipos de descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	129

Figura 103. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=63) do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	130
Figura 104. Abertura das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	130
Figura 105. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	131
Figura 106. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	131
Figura 107. Terminação das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	132
Figura 108. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	132
Figura 109. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	133
Figura 110. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	133
Figura 111. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deocesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia)	134
Figura 112. Localização do afloramento 7	135
Figura 113. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	136
Figura 114. Aspecto geral do talude do afloramento 7 (parte 1) – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	138
Figura 115. Aspecto de um dos afloramentos rochoso da praia (“Lage 1”) do afloramento 7, parte 1 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	138
Figura 116. Aspecto de um dos afloramentos rochoso da praia (“Lage 2”) do afloramento 7, parte 1 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	139
Figura 117. Tipos de descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	139
Figura 118. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=41) da parte 1 do Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	140
Figura 119. Abertura das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	140
Figura 120. Espaçamento das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	141

Figura 121. Terminação das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	141
Figura 122. Curvatura das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	142
Figura 123. Rugosidade das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	142
Figura 124. Enchimento das descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	143
Figura 125. Presença de água nas descontinuidades da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	143
Figura 126. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha da parte 1 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	144
Figura 127. Aspecto geral da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	145
Figura 128. Tipos de descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	146
Figura 129. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=23) da parte 2 do Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	146
Figura 130. Abertura das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	147
Figura 131. Espaçamento das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	147
Figura 132. Terminação das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	148
Figura 133. Curvatura das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	148
Figura 134. Rugosidade das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	149
Figura 135. Enchimento das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	149
Figura 136. Presença de água nas descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	150
Figura 137. Resistência à compressão simples das descontinuidades da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	150
Figura 138. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha da parte 2 do afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	151
Figura 139. Fonte localizada nas caves Porto Ferreira, Fonte do Rei Ramiro	157
Figura 140. Fonte do Burro	158

Figura 141. Mina da Quinta do Mocho	158
Figura 142. Fonte da Creche	159
Figura 143. Fonte do Preto, S. Pedro da Afurada	159
Figura 144. Fonte do Cavalo, S. Pedro da Afurada	160

Índice de Quadros

Quadro 1. Estudos geológicos e geotécnicos para o desenvolvimento de um dado projecto	5
Quadro 2. Classificação dos mapas geotécnicos em função do seu objectivo e conteúdo	15
Quadro 3. Tipologia dos mapas geotécnicos em função da sua escala e conteúdos	16
Quadro 4. Aplicabilidade das classificações de solos e rochas em cartografia geotecnica	23
Quadro 5. Representação cartográfica dos elementos básicos nos mapas geotécnicos	27
Quadro 6. Síntese dos principais métodos de aquisição de dados para a realização da cartografia geotécnica	32
Quadro 7. Síntese do tipo de obras de engenharia e estudos geotécnicos a realizar, função da sua escala	35
Quadro 8. Processos geológicos e meteorológicos susceptíveis de originar riscos	37
Quadro 9. Tipos de mapas de perigosidade vs. conteúdo/metodologia adoptada	40
Quadro 10. Tipos de descontinuidade	44
Quadro 11. Classificação de maciços rochosos pelo número de famílias de descontinuidades	48
Quadro 12. Terminologia para caracterização do estado de resistência	49
Quadro 13. Descrição do grau de alteração metórica	50
Quadro 14. Graus de alteração propostos pela ISRM	51
Quadro 15. Síntese dos diferentes parâmetros geológicos-geotécnicos e geomecânicos	53
Quadro 16. Resistência à compressão simples	59
Quadro 17. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos do talude do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia)	82
Quadro 18. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos do talude que constitui o Afloramento 2- Cais Lugan (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).	90
Quadro 19. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos dos 3 taludes que constituem o Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).	99
Quadro 20. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos taludes que constituem o Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).	109
Quadro 21. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos taludes que constituem o Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	119
Quadro 22. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos do talude que constitui o Afloramento 6 – AV. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	128
Quadro 23. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos de cada um dos afloramentos que constituem o Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	137
Quadro 24. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos afloramentos que constituem a parte 2 do afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia)	145
Quadro 25. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos relativos aos sete afloramentos estudados	153
Quadro 26. Caracterização das unidades hidrogeológicas definidas para a zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia	156

Quadro 27. Fases constituintes do trabalho e respectivos custos (s/ Iva, €) associados ao projecto	164
--	-----

Anexos

Anexo I – Fichas de levantamento geológico e geomecânico e síntese esquemática dos afloramentos estudados

Anexo I.I – Localização dos afloramentos estudados

Anexo I.II – Afloramento AF1 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.III – Afloramento AF2 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.IV – Afloramento AF3 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.IV.I – Afloramento AF3.1 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.IV.II – Afloramento AF3.2 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.IV.III – Afloramento AF3.3 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.V – Afloramento AF4 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.V.I – Afloramento AF4.1 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.V.II – Afloramento AF4.2 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VI – Afloramento AF5 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VI.I – Afloramento AF5.1 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VI.II – Afloramento AF5.2 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VI.III – Afloramento AF5.3 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VII – Afloramento AF6 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VIII – Afloramento AF7 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.V.III.I – Afloramento AF7.1 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VIII.II – Afloramento AF7.2 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VIII.III – Afloramento AF7.3 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo I.VIII.IV – Afloramento AF7.4 *(ver CD-Rom em Anexo)*

Anexo II – Esboço geológico da zona ribeirinha de V. N. Gaia (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)

Anexo III – Esboço geomorfológico da zona ribeirinha de V. N. Gaia (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)

Anexo IV – Esboço hidrogeológico e drenagem de superfície da zona ribeirinha de V. N. Gaia (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)

Anexo V – Esboço da ocupação do solo da zona ribeirinha de V. N. Gaia (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)

Anexo VI – Localização dos trabalhos de prospecção mecânica: ponto de situação preliminar (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)

Anexo VII – Esboço preliminar da susceptibilidade geotécnica da zona ribeirinha de V.N. Gaia

Anexo VIII – Fichas de Inventário hidrogeológico e furos de captação de água *(ver CD-Rom em Anexo)*

1. Introdução geral

1.1. Considerações iniciais

Na investigação dos materiais rochosos e/ou terrosos recorre-se, em geral, a três disciplinas científicas que tomam as designações de Mecânica das Rochas, de Mecânica dos Solos, e de Geologia de Engenharia (e.g., Terzaghi & Peck, 1967; Rocha, 1981; Harck et al., 2004; Bock, 2006). Estes materiais, devido à sua natureza intrínseca e à diversidade de processos geológicos que envolvem a sua génese, apresentam uma variedade muito vasta de características e propriedades. As distinções, geralmente imputadas a cada uma delas, baseiam-se sobretudo nos diferentes métodos de investigação, de classificação, de metodologias de ensaio, de interpretação, de modelação e, por fim, de projecto.

Após a realização, em Harvard (E.U.A.) em 1936, do I Congresso da Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, na cidade de Lisboa em 1966 do I Congresso Internacional da Sociedade de Mecânica das Rochas e, em 1970 em Paris (França), do I Congresso da Associação Internacional de Geologia de Engenharia, emergiu o domínio “Geotecnia” com autonomia científica e técnica (e.g., Rocha, 1981; Oliveira, 1990; Nascimento, 1990; Goodman, 1993). Nascimento (1990) considera o início da publicação da revista internacional “Geotechnique” em Londres, em 1948, como o reconhecimento formal da autonomia da Geotecnia face à Engenharia Civil. Após essa época, consolidaram-se as disciplinas de Mecânica das Rochas e Engenharia de Maciços Rochosos (e.g., Goodman, 1993; Brady & Brown, 2004; Hoek, 2007), bem como uma nova perspectiva da geologia dinâmica — em especial devido à “Teoria da Tectónica de Placas”, em particular da geologia estrutural, da geofísica e sismotectónica — (e.g., Ramsay & Huber, 1983, 1987; Davis & Reynolds, 1996). Mais recentemente surge um novo domínio, ainda mais integrador e de maior abrangência, denominado por “Ciências da Geo-engenharia” (Manoliu & Radulescu, 2008), funcionando como um domínio integrador da Engenharia das Ciências da Terra — Engenharia Geológica, Engenharia de Minas, Engenharia Geotécnica e Engenharia dos Recursos — e da Engenharia Civil. O Geotécnico ligado à engenharia dos maciços rochosos, procurará seguir uma orientação diferente. Aos conceitos fundamentais introduzidos pelos geólogos estruturalistas e aplicados, actualmente num quadro mais quantitativo e dinâmico ao nível da aquisição de dados, o Geotécnico ver-se-á perante a necessidade de avançar no sentido de apoiar os estudos dos maciços rochosos para obras de engenharia civil e/ou mineiras e Engenharia do Território (e.g., Brady & Brown, 2004; Hoek, 2007). O Geotécnico assentará aliás grande parte da sua linguagem no vocabulário e nas noções básicas

das Geociências (em particular, da Geologia) mas evoluirá no sentido da Resistência dos Materiais e das Mecânicas dos Solos e das Rochas, posicionando-se, definitivamente, na linguagem e na prática do engenheiro (Rocha, 1981; Brown, 1991; Bock, 2006). É fundamental o acompanhamento técnico sistemático de uma dada obra de engenharia para auxiliar a tomada de decisão, quer nos aspectos mais amplos do projecto quer na resolução de problemas pontuais (Dinis da Gama, 1995; Mazzocola et al., 1997). Assim, em estudos de caracterização geotécnica e geomecânica de maciços fracturados, a contribuição da geologia, da geomorfologia e da cartografia (nas suas diversas formas de *espacializar* e planificar dados, desde as tradicionais edições em papel até ao formato vectorial numa base georreferenciada em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é de extrema importância nas várias fases de qualquer projecto de engenharia de maciços rochosos (e.g., Terzaghi, 1965; Rocha, 1981; Vidal Romaní & Twidale, 1999).

Numa primeira abordagem, é fundamental que se realize uma pesquisa bibliográfica que permita analisar todos os constrangimentos topográficos, cartográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre outros, numa dada área de estudo. Esta fase deve ser ainda complementada com uma rigorosa inspecção *in situ* com o objectivo de analisar a existência de sectores com susceptibilidade a perigos iminentes (e.g., derrocadas ou aluimentos), para que se tomem medidas no sentido de minimizar os perigos para que as fases seguintes de reconhecimento se desenvolvam em segurança.

Na fase de reconhecimento *in situ*, os trabalhos visam, essencialmente, a caracterização da compartimentação do maciço rochoso, realizando o registo das características geométricas e mecânicas de todas as descontinuidades e a petrofísica do maciço rochoso. Os estudos a realizar são apoiados na recolha da informação geológica de base, especialmente a litológica, a geológico-estrutural e a petrográfica, incluindo as condições hidrogeológicas e geomorfológicas. No quadro 1 apresenta-se de forma esquemática o conjunto de actividades geológico-geotécnicas e suas finalidades no âmbito da elaboração do projecto de uma dada obra.

Quadro 1. Estudos geológicos e geotécnicos para o desenvolvimento de um dado projecto, (adaptado de Jimeno, 2003).

FASES DO PROJECTO	ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	FINALIDADE
Estudo de Viabilidade	<p>Recolha de toda a informação disponível: topografia, hidrologia, climatologia, geomorfologia e geologia</p> <p>Análise das fotografias aéreas e imagens de satélite-fotogeologia</p> <p>Reconhecimento geomorfológico e geológico de superfície: cartografia geológica e geomorfológica, litologia/estratigrafia e geologia estrutural</p> <p>Trabalhos expeditos de prospecção geotécnica</p>	<p>Constrangimentos topográficos e cartográficos</p> <p>Modelo hidrológico</p> <p>Modelo geomorfológico</p> <p>Modelo geológico</p>
Projecto	<p>Prospecção geofísica, geotécnica e mecânica</p> <p>Ensaios "in situ"</p> <p>Ensaios de Laboratório</p>	<p>Zonamento geotécnico</p> <p>Classificação geomecânica</p> <p>Definição dos métodos de escavação</p> <p>Refinamento geomecânico</p> <p>Definição do reforço e contenção dos terrenos</p>
Construção	<p>Prospecção na frente de avanço</p> <p>Cartografia das superfícies de escavação</p> <p>Registo de ocorrências na obra</p> <p>Observação do comportamento</p> <p>Ensaios "in situ"</p>	<p>Eventual adaptação ao projecto</p> <p>Definição dos sustimentos colocados</p> <p>Deteção de situações anómalas em avanço, nas frentes de escavação</p>
Pós-Construção	Instrumentação, observação e monitorização	Avaliar comportamento da obra a médio e longo prazo

1.2. Enquadramento e objectivos

O presente estudo enquadra-se na Unidade Curricular de “Dissertação/Projecto/Estágio”, do 2º Ano, do Curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente (EGG) do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) do Politécnico do Porto (IPP).

O presente trabalho visa como objectivo geral o reconhecimento, a inventariação e a sistematização dos principais constrangimentos topográficos, geológicos, geomorfológicos, tectónicos, hidrológicos, históricos, entre outros, da denominada zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia, desde as proximidades do encontro Sul da Ponte D. Luís I (junto ao Cais de Gaia) até à praia de Lavadores (margem esquerda do rio Douro, sentido Este-Oeste). Sendo esta a área mais histórica do Concelho de Vila Nova de Gaia verifica-se que se encontra fortemente urbanizada e, consequentemente, edificada, pelo que não foi possível aferir com todo o pormenor alguns sectores. Pretende-se neste documento reportar, ainda, de forma muito exploratória as características geotécnicas básicas dos principais maciços rochosos aflorantes, bem como aferir a estabilidade de algumas vertentes formadas por taludes rochosos. Foram também inventariadas, mas de uma forma preliminar, as áreas compostas por maciços terrosos em que o grau de alteração é muito acentuado. Todavia, essa abordagem de pormenor do estudo e refinamento dos maciços será objecto de estudo a desenvolver *a posteriori*¹. Tem como objectivo complementar a preparação de toda a informação para se aprofundar as investigações visando a criação de um esboço de uma proposta de cartografia geotécnica da zona ribeirinha de Gaia. Pretende-se, ainda, lançar as bases para a criação de uma aplicação informática para a criação de uma base de dados geotécnica para o apoio às entidades ligadas ao planeamento do território, bem como para empresas e técnicos de engenharia que porventura necessitem de implantar obras de engenharia num dado local em estudo. Desta maneira, é uma forma de apurar o conhecimento do subsolo como modo de garantir, à partida, a estabilidade das possíveis estruturas numa mesma área.

Podemos destacar como principais objectivos a alcançar com esta dissertação, os seguintes:

- o reconhecimento, a inventariação e a sistematização dos principais constrangimentos topográficos, geológicos, geomorfológicos, tectónicos, hidrológicos e históricos, da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia, desde as

¹ Trabalho de mestrado, em fase de arranque, pela Licª Telma Pinho do curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente (ISEP), 2009/10, sob a orientação do Prof. Doutor Helder I. Chaminé. Esta dissertação terá como objectivo a apresentação de um esboço da cartografia geotécnica da zona ribeirinha de Gaia e área envolvente como um instrumento de apoio à decisão nas áreas da engenharia e ordenamento do território e suas consequências na identificação de zonas consideradas como de susceptibilidade aos riscos, sejam estes de carácter natural e/ou geológico-geotécnico.

proximidades do encontro Sul da Ponte D. Luís I (junto ao Cais de Gaia) até à praia de Lavadores (margem esquerda do rio Douro, sentido Este-Oeste), em Canidelo;

- aprofundar os reconhecimentos geomorfológico, geológico e hidrológico, a inspecção visual e a cartografia de todos os maciços da zona em estudo e área envolvente;
- a caracterização geológico-geotécnica e geomecânica das superfícies expostas dos maciços rochosos com recurso à técnica da amostragem linear para a avaliação do grau de compartimentação e a caracterização geomecânica recorrendo às metodologias propostas pela “*International Society for Rock Mechanics*” (ISRM, 1978, 1981), “*International Association for Engineering Geology and Environment*” (IAEG, 1981a,b), “*Committee on Fracture Characterization and Fluid Flow*” (CFCFF, 1996), e EuroCódigo 7 (Projecto Geotécnico);
- a realização de ensaios geomecânicos *in situ* com recurso ao esclerómetro portátil (vulgo “*Martelo de Schmidt*”) para estimar a resistência, quer das superfícies de descontinuidades quer do material rochoso dos maciços em estudo;
- a síntese, a análise e a interpretação de todos os dados da cartografia aplicada em ambiente SIG, e do estudo do grau de compartimentação dos maciços estudados;
- a sistematização de todos os dados recolhidos para a criação futura de uma base de dados geotécnica;
- a elaboração de uma cartografia geotécnica de factores preliminar (i.e., elaboração de cartas sobre: geologia, geomorfologia, hidrogeologia e drenagem de superfície, ocupação de solo e trabalhos de prospecção²), bem como uma tentativa de um esboço da cartografia sintética relacionada com um zonamento dos maciços mais susceptíveis à perigosidade natural e/ou antrópica.

² Esta carta de factores ficou extremamente condicionada pela resposta muito lenta da maioria das empresas contactadas que desenvolveram trabalhos de prospecção geológico-geotécnica, de sondagens e de obras de vulto na área em apreço. Foram estabelecidos contactos informais – a maioria traduziu-se na elaboração, em curso, de protocolos de cooperação e partilha de informação entre as empresas e o Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, LABCARGA|ISEP – com uma série de empresas e a Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. Vicissitudes várias, alheias ao signatário e aos orientadores desta dissertação, não permitiram em tempo útil o acesso, a compilação e estudo de uma forma aturada da esmagadora maioria dos dossiês. Todavia, de enaltecer a prontidão e o apoio, entre outros, da Eng^a Rosália Monteiro (CMG), do Eng^o Pedro Ferreira (TecnoGeo, Lda), do Eng^o Jorge Cruz e do Eng^o Nuno Cruz (Mota-Engil, SA), da Dra Maria José Afonso e do Eng^o Filinto Trigo (ISEP), do Prof. Doutor J. Martins Carvalho (TARH, Lda), do Prof. Doutor Hipólito Sousa (SOPSEC, SA) bem como do Prof. Doutor Alberto Gomes (FLUP), com a disponibilização de informação diversa e discussão sobre a experiência das obras na região em estudo.

1.3. Apresentação da dissertação

A dissertação ora apresentada encontra-se estruturada em cinco partes principais, organizadas do seguinte modo:

- PARTE I – Nesta primeira parte pretende-se contextualizar o trabalho referindo o âmbito em que este se realizou. Apresentam-se também os principais objectivos que se pretendem atingir com esta investigação aplicada;
- PARTE II – Esta parte constitui um suporte teórico às principais metodologias e técnicas relacionadas com a geotecnia urbana. Aborda-se uma série de temas no âmbito da cartografia geotécnica, tais como: tipos de mapas e suas classificações, conteúdos e principais finalidades dos mesmos. Descrevem-se, sinteticamente, os parâmetros geológico-geotécnicos que devem constar num trabalho de caracterização de maciços rochosos aplicados à cartografia. Na fundamentação desta síntese seguiu-se de perto as publicações de Griffiths (2002), González de Vallejo et al. (2002), Zuquette & Gandolfi (2004);
- PARTE III – Nesta parte apresenta-se o caso prático, i.e., a geotecnia urbana de um sector da zona ribeirinha de Gaia. Referem-se algumas generalidades da área em estudo e a sua situação geográfica. Apresenta-se a metodologia adoptada para elaboração das diferentes cartas de factores, i.e., geológica, geomorfológica, hidrogeológica e de drenagem de superfície, ocupação do solo e trabalhos de prospecção, bem como os dados do grau de fracturação dos maciços estudados. Por fim, apresenta-se um esboço, muito preliminar, da cartografia sintética relacionada com o zonamento dos maciços mais susceptíveis à perigosidade natural e/ou antrópica;
- PARTE IV – Nesta parte apresentam-se as principais conclusões e as recomendações futuras para o desenvolvimento do estudo da geotecnia urbana da zona ribeirinha de Gaia.

Por fim, apresenta-se uma listagem das referências bibliográficas consultadas ao longo do estudo. Segue-se, uma série de anexos que pretendem compilar toda a informação geológico-geotécnica e geomecânica recolhida durante o trabalho de campo, bem como a cartografia de factores desenvolvida para ilustrar a presente dissertação.

2. Cartografia geotécnica: fundamentos e aplicações

2.1. Introdução

Em 1968, a “International Association for Engineering Geology” (IAEG) propôs a criação da Comissão de Cartografia em Geologia de Engenharia (“Engineering Geological Mapping Commission”) para o desenvolvimento de estudos que permitissem regulamentar a elaboração de cartografia geológica aplicada à engenharia, bem como para difundir conhecimentos e tendências da cartografia aplicada à geologia de engenharia (IAEG, 1972; Griffiths, 2002).

Segundo a IAEG (1972, 1976, 1981a,b) um mapa de geologia de engenharia (ou mapa geotécnico) pode ser encarado como uma carta que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do meio geológico importantes para o ordenamento do território e para a concepção, a construção e a conservação das obras de engenharia civil e engenharia geológico-mineira.

Para Oliveira et al. (1995, 2006) o objectivo principal de uma cartografia geotécnica é a representação das principais unidades geotécnicas e suas características, bem como a de outros factores que de alguma forma possam ser importantes para a definição de critérios de ocupação de terrenos para a execução de projectos e obras de engenharia civil e explorações de materiais.

Para Prandini et al. (1995) a cartografia geotécnica é uma ferramenta de aplicação do conhecimento, que congrega métodos e técnicas numa investigação que procura estabelecer unidades territoriais homogéneas, quanto a problemas manifestos ou potenciais, além de formular orientações técnicas para a ocupação de cada uma destas unidades. Trata-se de um trabalho multi e interdisciplinar, que envolve a geologia de engenharia, a pedologia, a climatologia, a hidrologia, entre outros. Os mapas geotécnicos são, por isso, um instrumento de gestão territorial adequado visto estabelecer um zonamento preditivo da qualidade dos terrenos diferenciado segundo critérios geológico-geotécnicos. Para González de Vallejo et al. (2002) os mapas geotécnicos constituem um método corrente em engenharia geológica ou engenharia geotécnica para representar cartograficamente informação geológico-geotécnica com fins de planificação e uso do território e para projecto, construção e gestão de obras de engenharia. Estes fornecem dados sobre as características e propriedades dos maciços de uma determinada zona que permitem avaliar o seu comportamento e prever os principais problemas geológico-geotécnicos.

De um modo geral dever-se-á entender a cartografia geotécnica, como um processo que tem por finalidade básica inventariar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, representando adequadamente a variabilidade dos mesmos, sejam geológicos, hidrológicos, pedológicos, ou outros (Zuquette & Gandolfi, 2004). Estes por si só constituem um importante instrumento aplicado ao planeamento urbano, regional e territorial, salientando-se a importância dos processos geodinâmicos naturais ou induzidos e o comportamento geomecânico dos maciços (rochosos e/ou terrosos), função das solicitações requeridas pelas actividades antrópicas. Outras denominações são empregues para designar cartografia geotécnica, tais como: “mapa geológico-geotécnico”, “mapa geotécnico”, “mapa de geologia de engenharia” (e.g., IAEG, 1972, 1976; Dearman & Eyles, 1982; West, 1991; Griffiths, 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004).

As cartas geológicas contêm preciosas informações como a litologia, a estrutura, a topografia, perfis geológicos, etc. No entanto a sua aplicação em engenharia geológica ou engenharia geotécnica é limitada porque não fornecem dados quantitativos das propriedades físicas e mecânicas dos materiais. Estes mapas não reportam, igualmente, informações geológicas com interesse geotécnico que influenciem os trabalhos de planificação de engenharia. Os mapas geotécnicos ao incluírem a informação quantitativa constituem uma óptima ferramenta que permite interpretações para aplicações geotécnicas ao engenheiro. Estes documentos não são suficientemente minuciosos ao ponto de substituírem uma investigação para uma obra concreta, em todo o caso revelam-se verdadeiros suportes no apoio à decisão para a racionalização do meio físico e detecção de possíveis problemas geológico-geotécnicos. Possuindo estes mapas a escalas convenientes é perfeitamente possível realizar uma boa planificação das investigações *in situ* (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004). Para o efeito, recorrem, em regra, aos critérios e terminologias sugeridas pela GSE (1972, 1995), ISRM (1978, 1981, 2007), IAEG (1972, 1976, 1979, 1981a,b,) e CFCFF (1996).

É imperativo que nos mapas geotécnicos constem os seguintes elementos (González de Vallejo et al., 2002):

- Descrição e classificação geotécnica de solos e rochas;
- Propriedades físicas e mecânicas dos materiais;
- Condições hidrológicas e a distribuição da rede de drenagem;
- Condições e processos hidrogeológicos;
- Processos morfodinâmicos.

Os conteúdos e o detalhe da informação, assim como o grau de complexidade na realização dos mapas geotécnicos, são função dos seguintes aspectos (González de Vallejo et al., 2002):

- Da escala e extensão;
- Dos objectivos concretos que se pretendem alcançar;
- Da importância dos diferentes factores geológico-geotécnicos e suas relações;
- Da informação disponível, dados e representatividade;
- Das técnicas de representação.

Os estudos que envolvem os componentes do meio físico podem estar dependentes de diferentes objectivos, baseados em diversas associações de procedimentos e métodos. Porém, a cartografia geotécnica caracteriza-se como sendo um processo destinado à investigação e avaliação geológica e geotécnica dos terrenos, não estando desta forma relacionada apenas com uma finalidade única. Exige sempre um grupo de atributos ligado a um fim específico (por exemplo, a escavabilidade) ou para multi-finalidades. No caso da cartografia para um fim específico ou para multi-finalidades, um grupo de condições deve ser definido previamente como mostra a figura 1. O desenvolvimento para fins específicos exige uma selecção prévia dos atributos e dos seus intervalos de valores que condicionam o meio físico mediante o objecto em análise. Já no caso de multi-finalidades, o resultado da cartografia geotécnica deve abranger um conjunto de informações relacionadas com um amplo espectro de finalidades, interdependentes ou não (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004).

Devemos encarar uma carta geotécnica como um documento temporário, quanto à quantidade e qualidade dos dados nela contidos, e passível de ser melhorada no futuro (Oliveira et al., 1995, 2006). Para que esta tarefa seja mais célere e mais eficiente é necessário que todos os dados que serviram de base à realização dos mapas se encontrem em bases de dados, por forma a facilitar o enriquecimento das mesmas, que possibilitem o esclarecimento de dúvidas e a inserção de novos elementos.

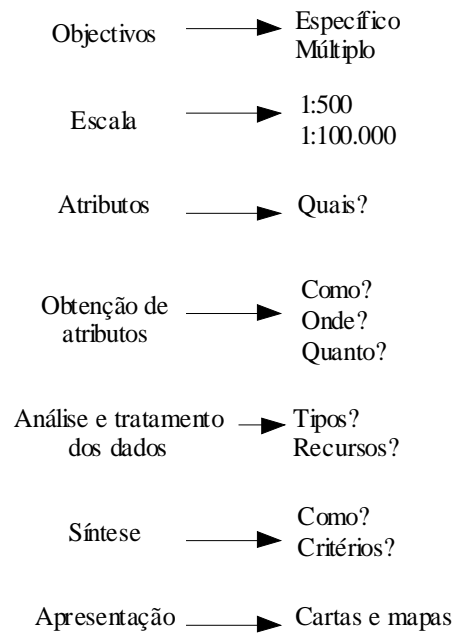


Figura 1. Aspectos a ter em conta na cartografia para uma finalidade específica ou multi-finalidades (adaptado de González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004).

2.2. Tipos de mapas

2.2.1. Classificação

Os objectivos a que os vários mapas geotécnicos se propõem atingir são responsáveis pela variação das respectivas escalas. Podem-se encontrar nos diversos mapas informações geológico-geotécnicas básicas ou específicas se a sua finalidade for uma planificação regional ou a selecção do local mais adequado para uma dada obra de engenharia. No quadro 2 apresenta-se uma classificação dos mapas geotécnicos em função do seu objectivo e conteúdo, proposta pela IAEG (1976).

Quadro 2. Classificação dos mapas geotécnicos em função do seu objectivo e conteúdo proposta pela IAEG (1976), (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

Critério	Tipos de mapas
Objectivo	<ul style="list-style-type: none"> - Específico: proporciona informação sobre um aspecto particular ou para um objectivo concreto (e.g., local dos resíduos, traçados de vias férreas, condições do terreno para a fundação de uma barragem, escavações subterrâneas, etc.). - Múltiplo ou geral: proporciona informação referente a diversos aspectos, objectivos e usos geotécnicos.
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> - Temático ou analítico: apresenta detalhes ou avalia um componente determinado do meio geológico (grau de alteração, grau de fracturação de maciços rochosos, processos sísmicos, expansividade dos solos, etc.). - Integrado: a) apresenta as condições geotécnicas descritivas de todos os principais componentes do meio geológico. b) zonamento do território em unidades geotécnicamente homogéneas. - Auxiliar: apresenta dados concretos de algum aspecto geológico e/ou geotécnico. - Complementares: proporciona informação básica sobre algum aspecto geológico, geomorfológico, hidrogeológico, etc.
Escala	<ul style="list-style-type: none"> - Grande: >1:10.000 - Média: 1:10.000 a 1:100.000 - Pequena: <1:100.000

No quadro 3 apresenta-se uma classificação dos mapas geotécnicos em função da sua escala e conteúdo, indicando também os seus métodos de elaboração e as suas aplicações.

Quadro 3. Tipologia dos mapas geotécnicos em função da sua escala e conteúdos (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

Tipo de Mapa Geotécnico e Escala	Conteúdo	Método de elaboração	Aplicações
Regional >1:10.000	Dados geológicos e litológicos, estrutura geotectónica, traços geomorfológicos regionais. Informação geral de furos geotécnicos e interpretações.	Fotografia aérea, mapas topográficos e geológicos prévios, informação existente, observações de campo.	Planificação e reconhecimentos preliminares, informação geral sobre a região e tipos de materiais existentes.
Local (Etapa de reconhecimento preliminar) 1:10.000 a 1:500	Descrição e classificação de solos e rochas, estruturas, geomorfologia, processos geodinâmicos, localização de materiais para construção.	Fotografia aérea, levantamentos de campo, medidas e dados de campo.	Planificação e viabilidade de obras e reconhecimento detalhado.
Local (Etapa de investigação <i>in situ</i>) 1:5.000 a 1:500	Propriedades dos materiais e condições geotécnicas, aspectos importantes para a construção de uma obra concreta.	Os anteriormente referidos e ainda dados de sondagens, geofísica, ensaios <i>in situ</i> e laboratoriais.	Detalhes sobre o local e problemas geológicos-geotécnicos. Dimensionamento de obras.

De forma simplificada os mapas geotécnicos podem agrupar-se em (González de Vallejo et al., 2002):

- **Mapas de avaliação geotécnica do terreno:** mapas qualitativos com classificações gerais, zonas problemáticas, comportamento do terreno para diversos usos, etc. Os mais habituais incluem: Interpretação da cartografia geológica; escalas habituais entre 1:50.000 e 1:100.000; legenda de origem geológica; limitada utilidade prática; Características geotécnicas de formações superficiais; escalas entre 1:25.000 e 1:100.000; dados sobre recobrimentos, solos, aluviões, etc.; caracterização qualitativa (por vezes quantitativa) e zonamento geral expedito.

- **Mapas de caracterização geotécnica**, que podem incluir:

Caracterização global do terreno, a escalas entre 1:25.000 e 1:50.000, valorização geotécnica das unidades no seu conjunto, com dados de propriedades e indicadores de qualidade;

Zonamento geotécnico para projectos de engenharia a escalas entre 1:5.000 e 1:25.000, com informação quantitativa de acordo com a sua aplicação (fundações, escavações, materiais para construção, etc.);

Cartografia geotécnica de detalhe, a escalas entre 1:100 e 1:2.000, com informação e dados geotécnicos para uma obra concreta.

Enquanto que os mapas geotécnicos a pequena e média escala são elaborados frequentemente por instituições governamentais ou centros de investigação, os mapas locais a escalas maiores de 1:10.000 são elaborados por especialistas em geotecnia ou geologia de engenharia e, dependendo do conteúdo, em geologia estrutural, geomorfologia, hidrogeologia, etc., recorrendo a outros especialistas, nomeadamente geólogos estruturalistas, geomorfólogos e hidrogeólogos (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004).

2.2.2. Conteúdo dos mapas geotécnicos

Independentemente do tipo de mapa geotécnico, estes deverão incluir uma série de informações básicas (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004):

- Topografia, toponímia, rede hidrográfica, hidroclimatologia;
- Distribuição e descrição litológica das unidades geológicas;
- Espessura de solos, formações superficiais e grau de alteração;
- Grau de fracturação e dados geológico-estruturais dos maciços;
- Classificação geotécnica de solos e rochas;
- Condições hidrogeológicas;
- Condições geomorfológicas;
- Processos dinâmicos;
- Investigações geológico-geotécnicas prévias;
- Riscos geológicos e naturais (em termos de susceptibilidade, perigosidade e riscos propriamente ditos).

Destes factores, os mais importantes são de seguida detalhados.

2.2.2.1. Classificação e propriedades geotécnicas de solos e rochas

A delimitação e a cartografia de unidades de rochas ou solos homogêneos enquanto as suas propriedades físicas e mecânicas, como a resistência, a deformabilidade, a permeabilidade, a durabilidade, etc., realizam-se com base nas propriedades geológicas e petrofísicas. As composições mineralógica e litológica estão directamente relacionadas com a densidade e plasticidade dos materiais geológicos. Nas rochas, a sua composição determina a dureza, a resistência, a alterabilidade, etc. A textura e a estrutura dos geomateriais são também consideradas como aspectos que proporcionam informação sobre o seu comportamento geomecânico. As condições hidrogeológicas são determinantes para a consistência dos solos e para as condições do grau de alteração em solos e rochas. No caso de maciços rochosos, a frequência de distribuição, o tipo de descontinuidades e o grau de fracturação, proporcionam informação vital sobre a resistência, a deformabilidade e a permeabilidade.

Os parâmetros geológicos, petrofísicos e geotécnicos a representar na cartografia geotécnica, função da escala e finalidade do mapa, da informação e dos dados disponíveis, são (González de Vallejo et al., 2002):

- Densidade;
- Porosidade;
- Consistência e actividade mineralógica;
- Permeabilidade;
- Resistência à compressão simples e à tracção;
- Deformabilidade;
- Durabilidade e alterabilidade.

As classificações geotécnicas de solos (baseadas, em regra, no sistema unificado USCS ou no sistema ASTM; West, 1991) e rochas (suportadas nas diferentes propriedades físicas e mecânicas; ISRM, 1981, 2007) e a aplicação de expressões, de correlações empíricas e de índices de campo permitem a avaliação de propriedades geotécnicas e proporcionam dados quantitativos (e.g., Dearman & Eyles 1982; West, 1991; Ferreira Gomes & Mendes, 1996). As unidades geotécnicas e a sua distribuição espacial estabelecem-se, geralmente, a partir da litologia e das características mineralógicas e geológicas dos materiais, de observações geológico-estruturais de campo e, nos casos em que é possível ou necessário, a partir da realização de sondagens e ensaios *in situ* e em laboratório e de análises de amostras (e.g., Deere, 1964; Deere & Deere, 1988). De acordo com a escala do mapa e dos dados disponíveis, estas definem-se com um distinto grau de homogeneidade e, assim, uma dada unidade geotécnica pode aglutinar uma ou mais unidades

geológicas. A IAE (1981a) propôs um procedimento a seguir para a classificação e descrição dos maciços rochosos e/ou terrosos com vista à cartografia geotécnica, como se pode observar na figura 2.

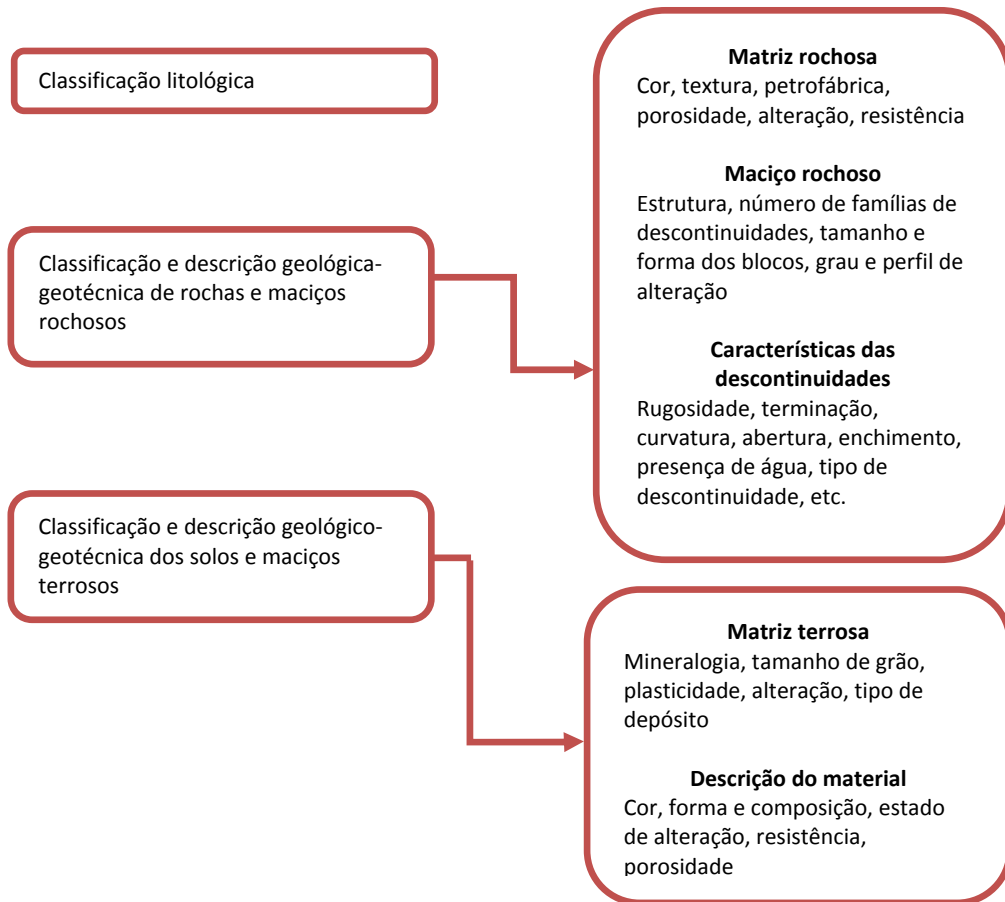


Figura 2. Aspectos fundamentais na classificação e descrição geológico-geotécnica de maciços rochosos e terrosos (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

2.2.2.2. Condições hidrogeológicas e hidrológicas

A cartografia geotécnica não pode nunca dissociar-se da hidrogeologia, na medida em que a presença de água nos maciços afecta as suas propriedades e o seu comportamento mecânico. As condições hidrogeológicas adquirem bastante importância quando o objectivo da cartografia é o planeamento e ordenamento do território, a gestão/exploração de recursos hídricos, a selecção de locais para a implantação de obras ou outro qualquer tipo de actuações que estejam directamente relacionadas com as condições hidrogeológicas (local de aterros sanitários, reservatórios, etc.).

Por outro lado, as variações das condições hidrogeológicas dos materiais e das suas propriedades geotécnicas, podem dar lugar a processos de meteorização física e química provocando alterações de relevo e movimentos de terreno. Pode também assistir-se a variações “forçadas” nas condições hidrogeológicas naturais através da implementação de obras de engenharia, estruturas hidráulicas, urbanização, desflorestação e movimentos de terra, ou seja, é frequente o contributo antrópico alterar o estado hidrológico natural através das actuações de infra-estruturas nos maciços. Há relatos de acidentes provocados pela alteração das condições hidrogeológicas, pelo que se pode admitir que a presença de água nas obras de engenharia aumenta a complexidade das mesmas e dificulta, muitas vezes, os respectivos trabalhos (Zuquette & Gandolfi, 2004).

Todas as condições hidroclimatológicas e hidrológicas deverão ser analisadas e estudadas, bem como a hidrogeografia superficial da rede de drenagem. Também devem ser cartografadas as zonas inundadas no passado ou as zonas de potencial inundação, assim como a frequência ou período de retorno de inundações.

Os dados hidrogeológicos devem estar presentes nos mapas geotécnicos por forma a que o utilizador seja capaz de poder prever qualquer alteração das suas condições e se possível reportar informação para que se possa minimizar, atenuar, controlar ou até mesmo evitar tais alterações. Os dados, em geral, incluídos são os seguintes (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004):

- Distribuição e conteúdos de água dos materiais geológicos;
- Formações aquíferas;
- Lagos, rios, nascentes, etc;
- Níveis piezométricos, profundidade e flutuações estacionais ou de outro tipo;
- Fluxos, direcção e velocidade. Hidráulica subterrânea e superficial;
- Zonas e condições de infiltração;
- Parâmetros hidrológicos: permeabilidade;
- Propriedades hidroquímicas e qualidade de água.

2.2.2.3. Condições geomorfológicas

A informação relacionada com as condições e processos geomorfológicos de interesse incluem (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004):

- Topografia;
- Elementos do relevo: vales, terraços, taludes, escarpas, etc. Unidades geomorfológicas;
- Estudo da paisagem e de relevo. Análise dos processos geomórficos;
- Origem, evolução e idade dos elementos geomorfológicos;
- Hidrogeomorfologia;
- Análise dos processos dinâmicos;
- Predição e análise dos processos de erosão, subsidência, movimentos de encostas, etc.

Os aspectos geomorfológicos e a interpretação da topografia são de grande importância no que se refere à caracterização física do território. A informação sobre os processos de instabilidade e zonas instáveis é fulcral para a caracterização de uma dada região. Os locais e os traçados de muitas obras de engenharia estão condicionados por estes factores.

2.2.2.4. Processos geodinâmicos

Os mapas geotécnicos devem reflectir o carácter dinâmico do meio geológico, bem como as suas implicações com as solicitações que se projectam sobre o terreno. Devem reportar informação espacial e dados sobre os processos dinâmicos externos e internos. A informação a incluir nas cartografias geotécnicas, em função da escala e dados disponíveis, é a seguinte (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004):

- Limites cartográficos das unidades geológicas. Caracterização e descrição das unidades geológicas. Potencial tectonossísmico;
- Localização e extensão dos processos geodinâmicos (internos e externos);
- Intensidade e frequência de ocorrência;
- Grau de actividade, velocidade;
- Condições, causas e factores condicionantes;
- Previsões de processos potenciais.

Estes processos podem representar-se em todos os tipos de mapa e o grau de detalhe dependerá da escala. Outros aspectos importantes relacionados com os processos geodinâmicos são os riscos geológicos que podem afectar as zonas povoadas, infra-estruturas e construções.

2.3. Métodos cartográficos

Para a realização de uma cartografia geotécnica dever-se-á dispor de uma informação geológica básica sobre uma base topográfica. Em caso de não existir base topográfica à escala requerida, esta deve ser realizada por métodos convencionais ou a partir de fotografia aérea. De igual modo, se não existir uma cartografia geológica regional (no geral, 1:50.000 ou 1:25.000) ou se esta não se encontra na escala requerida, dever-se-á preparar a partir da informação disponível e de trabalhos geológicos de campo de pormenor (se possível a escala 1:5.000).

2.3.1. Zonamento geotécnico

Como em outros documentos cartográficos, os geotécnicos traçam linhas ao redor de porções do meio físico onde um grupo de atributos apresenta heterogeneidade mínima, e tendo como função a transmissão de informações para serem usadas nas mais diversas situações.

A linguagem gráfica possui “vocabulário, gramática, estrutura, significado” entre outras características similares às da linguagem escrita (Bowman, 1968). Portanto, o documento cartográfico deve conter uma linguagem que atinja os potenciais utilizadores, devendo recorrer a cores, símbolos, padrões e outros (Zuquette & Gandolfi, 2004).

Para Varnes (1974), o documento cartográfico em geologia de engenharia deverá facilitar a resolução dos problemas referentes à engenharia e/ou ao ordenamento do território, ou para qualquer outro fim que se necessite de informações geotécnicas. As informações devem poder ser utilizadas por público não especializado e/ou outros profissionais que necessitem de informações sobre o meio físico. Quanto ao rigor da informação, dever-se-á usar uma linguagem o mais clara possível, para que os utilizadores interpretem os dados contidos num dado mapa geotécnico sem extrapolar ou subentender informações. A necessidade de padronização não deve ser encarada como uma forma de bloquear a criatividade (Zuquette & Gandolfi, 2004).

O zonamento geotécnico baseia-se na classificação de unidades geotecnicamente “homogéneas”, que podem agrupar diferentes idades geológicas. Por sua vez, estas podem dividir-se em “sub-unidades geotécnicas” ou “grupos geotécnicos”. O pormenor e o grau de homogeneidade

dependerão da escala, do objectivo do mapa e dos dados disponíveis (González de Vallejo et al., 2002).

Nas publicações da IAEG (1972, 1976, 1979, 1981a,b) discute-se a necessidade e propõe-se uma classificação de solos e rochas no âmbito da cartografia geotécnica (baseadas, essencialmente, na litologia, descrição macroscópica e origem dos materiais), aplicável segundo a escala do mapa e ordenada do maior para o menor grau de homogeneidade litológica e petrofísica (quadro 4).

Quadro 4. Aplicabilidade das classificações de solos e rochas em cartografia geotécnica (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

Tipo geotécnico	Uniformidade litológica e petrofísica, caracterizados por valores médios das suas propriedades geotécnicas a partir de determinações e medidas pontuais. Podem realizar-se para mapas geotécnicos a grande escala.
Tipo litológico	Unidade homogénea na composição, textura e estrutura, mas geralmente uniforme nas suas características petrofísicas; não podem agrupar-se propriedades mecânicas médias para todo o conjunto, sem um intervalo de valores. Aplicam-se em mapas de grande escala e, se possível a média escala.
Complexo litológico	Um grupo de tipos litológicos relacionados, de iguais condições genéticas e tectónicas, não uniformes em litologia nem propriedades petrofísicas. Agrupam-se dados sobre os tipos litológicos individuais e sobre o comportamento geral da unidade. Aplicam-se a escalas médias e às vezes pequenas.
Conjunto litológico	Vários complexos litológicos desenvolvidos debaixo de iguais condições genéticas e tectónicas; apresentam certas características litológicas comuns que os diferenciam de outras unidades ou conjuntos litológicos; só se podem agrupar propriedades geotécnicas muito gerais. Em mapas a pequena escala.

Esta classificação de unidades baseada nas condições geológicas pode ser aplicada para mapas específicos ou gerais integrados. Para as diferentes unidades devem ser descritas as características petrográficas, estratigráficas e geológico-estruturais.

Nos mapas específicos destinados a uma aplicação concreta, o zonamento geotécnico deve basear-se nos parâmetros, nas condições geotécnicas e nos processos geológicos que afectam a área da cartografia (por exemplo, para a viabilidade de obras lineares). Uma vez caracterizadas e estabelecidas as diferentes unidades (ou zonas) geotécnicas e delimitadas no mapa, poder-se-ão inferir uma série de aspectos nos terrenos em termos de aptidão. Por exemplo, no que diz

respeito à aptidão do território para um determinado fim em vista, poder-se-iam, classificar em: “zonas aptas, zonas aptas com restrições e zonas não aptas”.

Durante a elaboração do mapeamento geotécnico, uma das tarefas mais complicadas e difíceis de ser executada é a definição das unidades que condicionarão a divisão da região em áreas com heterogeneidade mínima mediante os objectivos do documento cartográfico. Para isso existem métodos e formas de definir as unidades básicas, conforme apresentado na figura 3. Sejam procedimentos manuais ou automatizados, os recursos mais utilizados são sobreposição simples, matrizes, classes taxonómicas, árvore lógica, hierarquização, métodos estatísticos e métodos determinísticos (Zuquette & Gandolfi, 2004). Mais adiante teremos a oportunidade de abordar a temática da cartografia automatizada, em particular, o ambiente em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), comumente utilizado neste tipo de cartografia.

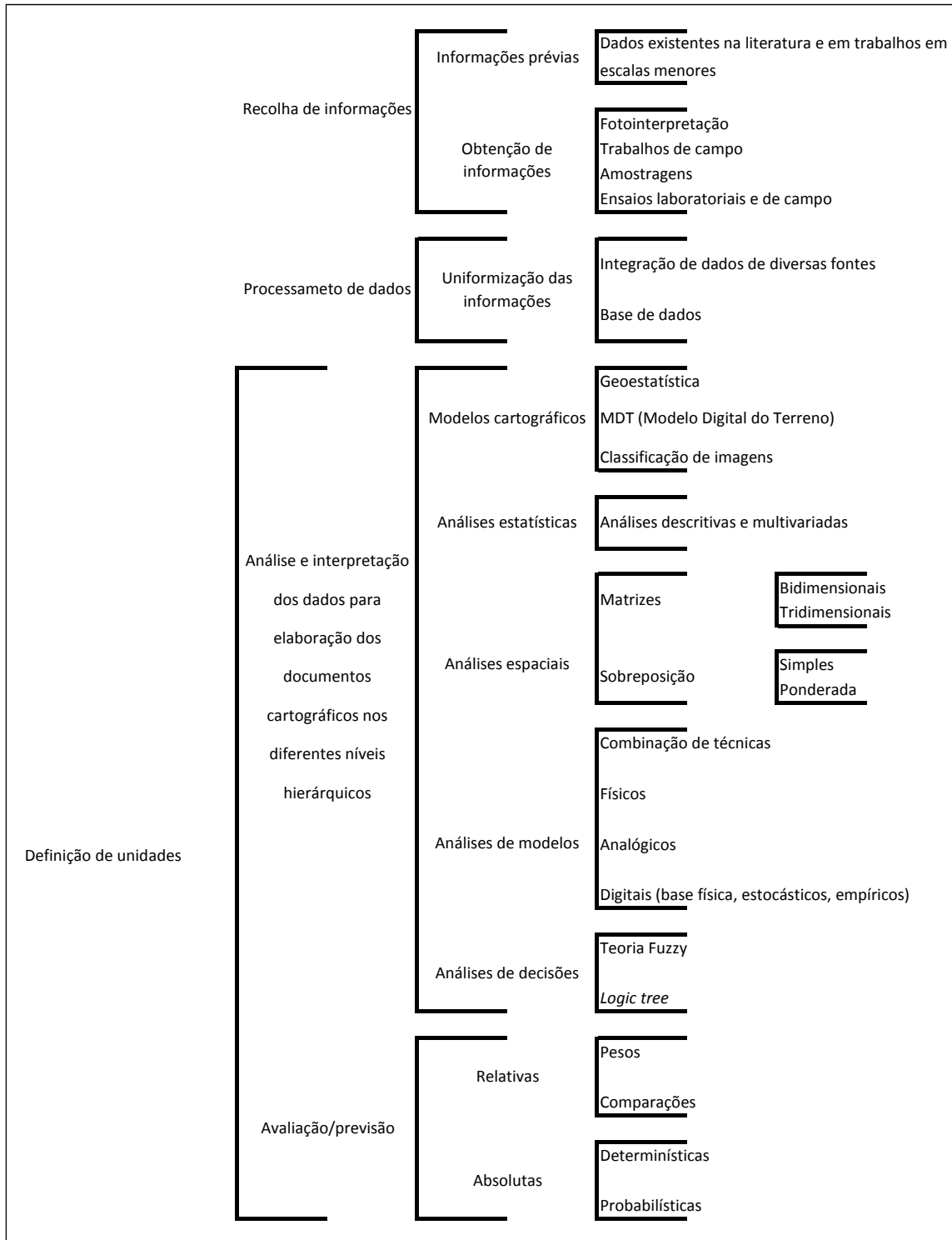


Figura 3. Fluxograma ideal com as diferentes etapas envolvidas no processo da cartografia geotécnica, com destaque para as unidades geotécnicas (Zuquette & Gandolfi, 2004).

2.3.2. Representação dos dados

Diversas associações relacionadas com a geologia de engenharia (como a “Geological Society of London” – GSL, em particular o “Engineering Geology Group”, a “Association of Environmental and Engineering Geologists” – AEG, ou a “International Association of Engineering Geology” – IAEG), têm formado comissões de especialidades para a proposta de simbologias, terminologias, procedimentos para a realização de mapas em geologia de engenharia e/ou aplicados à geotecnia urbana. Não obstante, devido à complexidade e finalidades dos mapas geotécnicos, não existe um procedimento padronizado na sua elaboração. Há, por vezes, diferenças significativas nos mapas geotécnicos no que diz respeito à forma como os dados são representados.

A informação sobre as características e as propriedades geotécnicas dos solos e rochas deve representar-se num dado mapa geotécnico da seguinte forma (González de Vallejo et al., 2002):

- Assinalando as propriedades geológico-geotécnicas dos diferentes conjuntos litológicos ou unidades geotécnicas estabelecidas;
- Delimitando as unidades homogéneas a respeito de alguma propriedade (resistência, densidade, plasticidade, grau de fracturação, grau de alteração, etc.) ;
- Definindo o zonamento em unidades geotecnicamente homogéneas e assinalando, se possível, parâmetros quantitativos.

No quadro 5 incluem-se os métodos de representação habituais. É frequente utilizar símbolos gráficos geomorfológicos e geológicos padronizados (IAEG, 1981a). Deste modo, as letras e os números utilizados para definir as litologias e as idades das formações geológicas não fornecem informações sobre as suas propriedades petrofísicas e mecânicas. Na legenda deve-se detalhar e aclarar a informação contida no mapa, sendo frequente que esta seja ampla e explícita, e que inclua quadros de classificação e dados complementares. Podem também incluir-se, junto à legenda, mapas sintéticos auxiliares ou complementares, com uma escala pequena. Na memória explicativa que acompanha, em regra, os mapas, pormenorizam-se os conteúdos do mapa e da legenda, apresentam-se resultados dos reconhecimentos e das investigações realizadas, bem como os dados obtidos, as metodologias e os critérios aplicados na elaboração do mapa. É ainda frequente incluir também as classificações geológico-geotécnicas dos materiais, sondagens, quadros síntese com os resultados dos ensaios e fotografias de alguns aspectos de interesse geotécnico.

Quadro 5. Representação cartográfica dos elementos básicos nos mapas geotécnicos (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

Escala	Classificação de solos e rochas	Propriedades geológico-geotécnicas	Condições hidrogeológicas	Condições geomorfológicas	Processos dinâmicos
Pequena	Cores e molduras Letras e números	Cores e molduras/linhas	Símbolos e valores numéricos	Curvas de nível Símbolos pontuais para elementos geomorfológicos	Símbolos
Média		Cores e linhas Valores numéricos Diagramas e gráficos	Contornos e linhas Valores numéricos	Curvas de nível Limites e recursos morfológicos de detalhe	Contornos e linhas
Grande			Linhas de isovalores Valores numéricos		

Os mapas geotécnicos e as suas correspondentes legendas deverão constituir documentos independentes e autónomos, sem necessidade de recorrer à Memória Descritiva para a sua interpretação. A representação de alguns parâmetros geotécnicos, dados de sondagens ou ensaios pode realizar-se mediante gráficos ou diagramas que incluam sectores de acordo com a informação contida, situando-se no mapa sobre as unidades a que se referem e explicando na legenda seu significado. Na figura 4 apresenta-se um exemplo das siglas utilizadas para a representação de dados geotécnicos pontuais de sondagens ou ensaios.

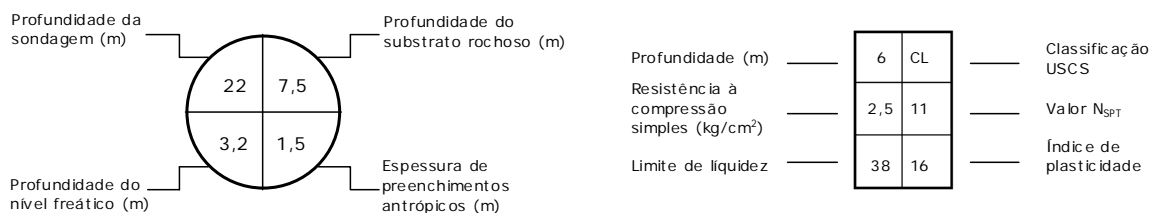


Figura 4. Exemplos das siglas utilizados nos mapas geotécnicos (adaptado de Zuquette & Gandolfi, 2004).

2.3.3. Perfis geotécnicos

Os dados geotécnicos e a informação de interesse do subsolo podem ser representados por perfis ao longo de secções de interesse geológico-geotécnico. Estes constituem um complemento muito importante dos mapas geotécnicos e apresentam-se, ou segundo secções interpretativas transversais, ou segundo secções interpretativas longitudinais dos aspectos sub-superficiais dos terrenos resultado dos estudos de prospecção geotécnica e de geologia de engenharia de superfície.

Os perfis geotécnicos apresentam, no geral, a seguinte informação: o zonamento geotécnico, a variação com a profundidade das propriedades geomecânicas dos materiais geológicos, os limites das zonas alteradas, as propriedades hidrogeotécnicas dos maciços e a estrutura geológica geral. A realização de sondagens e outras investigações geotécnicas *in situ* do subsolo são uma preciosa ajuda para a preparação dos perfis geotécnicos, permitindo correlações com as diferentes propriedades medidas ou estimadas de forma indirecta. Os perfis geotécnicos são imprescindíveis em projectos de fundações, de barragens, de obras subterrâneas, etc.

O número e a orientação dos perfis elegem-se em função da geomorfologia e morfotectónica, da estrutura geológica regional e local, da heterogeneidade litológica e complexidade das variações em profundidade, bem como do objectivo da obra ou estudo a realizar. Devem realizar-se a escalas adequadas para que se possa representar de forma adequada a informação disponível de uma dada área em estudo. A profundidade deverá ser igual à alcançada pela investigação *in situ*, não devendo incluir interpretações subjectivas sem se dispor de dados suficientes.

2.3.4. Cartografia automática SIG

As técnicas e as metodologias dos designados Sistemas de Informação Geográfica (SIG) combinadas com a análise de dados obtidos por detecção remota têm-se revelado ferramentas poderosas no domínio das geociências (tectónica, geomorfologia, hidrogeologia, geofísica, etc.) e das engenharias (geotecnia, minas, civil, ambiente, etc.). Os dados obtidos por análise computacional dos Modelos Digitais de Terreno (MDT) e pela implantação das estruturas geológicas recolhidas remotamente sobre estes, são complementados pelos dados obtidos no campo, pelos métodos tradicionais de cartografia. A complementaridade destes dois processos permite realizar análises a diferentes escalas com integração dos dados de uma forma rápida e eficiente, auxiliando a construção de modelos geológico-estruturais conceptuais e evolutivos e validando a realidade geológica. Estas técnicas baseiam-se, ainda, numa forte componente geomorfológica que vê assim renovado o seu interesse em diversos campos das geociências,

apoiada em fortes ferramentas de visualização de MDT (Wilson & Gallant, 2000; Gabriel de Almeida et al., 2004).

A análise de estruturas geológicas tem vindo a sofrer uma evolução acelerada devido à introdução de métodos baseados em tecnologias digitais cada vez mais poderosas, flexíveis e económicas. Os dados obtidos por detecção remota estão cada vez mais facilmente disponíveis, o que levanta o problema da velocidade e eficácia no seu tratamento e interpretação. Será sempre necessário considerar que apesar do desenvolvimento de ferramentas informáticas que apresentam capacidades de processamento cada vez maiores existe sempre um processo de análise em que o factor humano é preponderante. Estas ferramentas servem, ainda, como auxiliares no processo de interpretação dos dados em bruto através de operações de transformação e referenciação que levam a produtos sobre os quais se baseará a interpretação final. Atendendo às características intrínsecas do trabalho geológico, fundamental ou aplicado, onde as relações espaciais, e não apenas as angulares, são o factor fundamental para a sua correcta interpretação, surge, naturalmente, a ligação aos sistemas de informação geográfica e a necessidade do desenvolvimento de ferramentas que respondam especificamente às necessidades de cada caso de estudo. A utilização destas ferramentas num contexto geológico tem levado à reavaliação da importância de disciplinas como a geomorfologia que vêm assim ressurgir o seu papel nas interpretações geológicas, desta feita guarnecidas de potentes auxiliares informáticos (Gabriel de Almeida et al., 2004).

A capacidade de resposta da cartografia, perante as constantes alterações das condições dinâmicas do meio físico, é uma necessidade do ordenamento do território e do planeamento físico. Torna-se, por isso, necessário um sistema que tendo em conta o conjunto de factores que influenciam a dinâmica do meio, analise a importância de cada um, o seu modo de funcionamento e como interferem nessa dinâmica, e quais as áreas sujeitas a essas influências. Desta forma, podem ser definidas áreas de risco naturais que, em determinado momento, sejam necessárias para condicionar a utilização de determinado espaço. No caso de existir uma alteração de algum dos factores, procede-se a uma reavaliação do espaço e à construção de uma nova cartografia (Bateira, 2001).

Um sistema de informação geográfica de riscos naturais corresponde a um instrumento de trabalho capaz de definir o tipo de entradas no sistema que condiciona a dinâmica do meio físico, ao mesmo tempo que promove alteração da cartografia de riscos construída. Os SIG constituem uma ferramenta indispensável para trabalhar e ordenar o território (Bateira, 2001). Caracterizam-se por conjugar dois tipos de informação: a representação física do território através de mapas, cartas ou plantas; e a sua caracterização numérica ou descritiva, que constitui a base de dados

alfanumérica. A interacção entre estas duas componentes confere aos SIG uma capacidade analítica única permitindo a combinação de diferentes níveis de informação (assuntos/grupos) e consequentemente uma melhor compreensão da realidade.

Este sistema permite elaborar mapas, modelar e projectar e analisar uma grande quantidade de dados, que constituem a base de dados do sistema.

A construção de uma base de dados de um SIG requer (Bateira, 2001):

- Entrada dos dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, levantamentos de campo, e outras fontes;
- Armazenamento, recuperação e busca de dados;
- Transformação de dados, análise e modelagem, incluindo estatística espacial;
- Comunicação dos dados, através de mapas, relatórios e planos.

O SIG está relacionado com outras aplicações da base de dados, porém está vinculado a um sistema de referência espacial. Outras bases de dados podem conter informação local, como moradas ou códigos postais, mas o SIG utiliza geo-referências como meio primário para armazenar e aceder à informação. Enquanto outras tecnologias só podem ser utilizadas para analisar fotografias aéreas e imagens de satélite, para criar modelos estatísticos ou fazer mapas, o SIG permite a integração destas informações num único sistema.

O SIG deve ser visto como um processo de tomadas de decisões, e não só como um “software”. O modo no qual os dados são inseridos, armazenados e analisados dentro de um SIG deve reflectir a maneira pela qual a informação será usada para uma pesquisa específica ou tarefa de tomada de decisão. O sistema permite reproduzir a informação sob a forma de patamares de mapas, em função da informação pretendida, funcionando ao mesmo tempo como ferramenta de pesquisa e apoio a tomada de decisões (Bateira, 2001).

As aplicações informáticas aplicadas à cartografia geotécnica e, sobretudo, o recurso aos Sistemas de Informação Geográfica permitem, entre outros aspectos, o seguinte (González de Vallejo et al., 2002):

- O tratamento, processamento, cruzamento e análise automática dos inúmeros dados de campo e laboratório;
- A obtenção de mapas de elementos ou de factores (individuais ou combinados);
- O desenvolvimento de uma base de dados dinâmica e interactiva;

- A actualização contínua dos mapas, incluindo a incorporação de novos dados e informação;
- A preparação de modelos tridimensionais e a simulação computacional de acções sobre o terreno.

A cartografia automática contribui, de forma decisiva, para apoiar a eliminação de erros ou interpretações subjectivas no processo de caracterização das unidades geotécnicas. A aplicação dos SIG no tratamento e análise automática da informação geológico-geotécnica disponível tem por finalidade refinar o zonamento geomecânico e toda a modelação geotécnica associada. Este processo é levado a cabo, geralmente, mediante técnicas de sobreposição de cartas de informação ou mapas temáticos previamente preparados, englobando quer a determinação dos critérios e os “pesos” atribuídos a cada um dos factores considerados, quer a interpretação dos resultados obtidos. Todavia, de referir que estas abordagens automáticas terão que ser validadas no terreno e espelhar a realidade geológico-geotécnica de uma dada área.

2.4. Obtenção de dados

As características e propriedades dos solos e rochas avaliam-se, em regra, a partir de medidas directas e indirectas ou, ainda, mediante a aplicação de classificações geomecânicas, índices e correlações empíricas, que permitem obter dados quantitativos. O quadro 6 apresenta os métodos principais de aquisição de dados para a realização da cartografia geotécnica. Os métodos de investigação directa e indirecta (sondagens, ensaios, geofísica) utilizam-se de acordo com o tipo e objectivo do mapa, com a complexidade da zona de estudo, dos pressupostos a investigar e do tempo disponível para a sua realização. Em função da quantidade, qualidade e representatividade dos dados, a classificação ou descrição das mesmas unidades geológico-geotecnicas realizam-se com maior ou menor homogeneidade e detalhe.

Antes do estudo propriamente dito dever-se-á recolher o máximo de informação que incluirá, entre outra, a análise criteriosa dos mapas topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos e, bem assim, toda a informação pertinente sobre a área de trabalho (relatórios, projectos, publicações, etc.). Esta informação prévia ajudará, por certo, a um entendimento mais racional dos trabalhos de caracterização e prospecção geotécnica.

O recurso às técnicas de detecção remota e fotogeológicas apoiadas em fotografia aérea é muito útil nas fases iniciais da caracterização cartográfica, e nos estudos prévios e de viabilidade. Na

caracterização do subsolo dever-se-á proceder sempre a reconhecimentos geológicos de campo. Os reconhecimentos de campo são sempre necessários, realizando-se habitualmente em várias fases ao longo da preparação do mapa. A informação quantitativa que se inclui no mapa geotécnico deve ser fiável e representativa da unidade ou zona a que se refere. Desta forma, a selecção, a análise e a interpretação dos dados e o seu cruzamento dever-se-á realizar de forma rigorosa e objectiva. Se se dispõe de dados suficientes sobre as propriedades geomecânicas dos materiais poder-se-ão realizar análises geoestatísticas.

Quadro 6. Síntese dos principais métodos de aquisição de dados para a realização da cartografia geotécnica (adaptado de González Vallejo et al., 2002).

Método	Dados
Fotointerpretação (fotogeologia, fotogeomorfologia) e detecção remota	<ul style="list-style-type: none"> - Cartografia de solos e rochas - Estruturas geológicas e tectónica - Hidrologia e redes de drenagem - Processos morfodinâmicos
Reconhecimentos e recolha de dados de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Detalhes geológicos e geomorfológicos - Caracterização geológico-geotécnica de campo
Métodos geofísicos e hidrogeofísicos	<p>Resistividade eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Porosidade, fracturação, saturação e salinidade - Profundidade do nível freático - Profundidade do substrato rochoso <p>Sísmica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Densidade, módulos de deformação - Grau e profundidade de zonas alteradas - Profundidade do substrato rochoso
Sondagens e amostragem	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de amostras representativas - Permitir a observação directa dos materiais - Propriedades físicas e características do terreno - Condições hidrogeológicas
Ensaio <i>in situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedades resistentes e deformacionais - Tensões naturais - Permeabilidade, pressão da água - Dados de ensaios em sondagens
Ensaio de laboratório	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedades físicas e mecânicas dos materiais

2.5. Algumas aplicações

2.5.1. Ordenamento do território

No estudo de ocupação do território de uma dada região um dos objectivos é a delimitação dos recursos naturais para um planeamento adequado. Para Matula (1978) as principais etapas para o planeamento territorial são: estimativa do potencial de uso das diversas unidades cartografadas, avaliação de áreas para uso específico, decisão e avaliação da melhor forma de ocupação de uma determinada porção de terreno. São comuns a qualquer trabalho, a definição dos objectivos bem como a selecção dos factores e das consequentes cartas temáticas que permitirão o planeamento. Com base nas características contidas no documento que resulta da cartografia geotécnica, são definidas as áreas que são favoráveis e desfavoráveis para cada forma de ocupação.

O acto administrativo de planear é entendido como a escolha das melhores alternativas de entre as existentes para o uso mais sustentável do meio físico, e deve atender às estimativas de aumento populacional, industrial e do crescimento das demandas recreativas, escolares e sociais em geral, favorecendo uma economia positiva e um eficiente suprimento das diversas necessidades. A cartografia geotécnica é fundamental para otimizar todo o processo de ordenamento do território (Zuquette & Gandolfi, 2004). No planeamento e ordenamento do território, para além do meio físico deve também ser considerado o meio biológico, pois para que os ecossistemas se desenvolvam dentro do meio físico, é primordial que este seja ocupado de forma a respeitar a sustentabilidade. A cartografia geotécnica tem vindo a ser utilizada pelos mais diversos agentes como ferramenta essencial na definição e fiscalização da ocupação superficial do território, por forma a respeitar e preservar as áreas de interesse ambiental e patrimonial. Mediante as escalas dos trabalhos já realizados e variando conforme as regiões, verifica-se que a cartografia se aplica ao ordenamento do território, tanto em áreas com carácter regional como em áreas urbanas.

No caso de mapeamento urbano, destacam-se características, tais como: vias de acesso; áreas de desenvolvimento residencial; depósitos de resíduos; áreas para parques industriais; localização de possíveis jazidas minerais; etc.. No planeamento e ordenamento regional destacam-se: controlo dos processos erosivos; localização de locais para reservatórios; avaliação da poluição, tanto em materiais geológicos como em águas; localização de vias; deposição de resíduos e aterros; protecção de áreas de recarga de aquíferos; construção de aterros; avaliação de locais para a

extracção de materiais de construção; conservação ambiental e potencial agrícola e de reflorestamento (Zuquette & Gandolfi, 2004).

A cartografia aplicada ao ordenamento e desenvolvimento urbano contribuem para (González de Vallejo et al., 2002):

- A selecção de assentamentos e áreas de desenvolvimento urbano ambientalmente favoráveis ou sustentáveis;
- A solução de compromissos entre aspectos técnicos, económicos e ambientais;
- A solução de problemas durante as fases de desenvolvimento, projecto e construção.

2.5.2. Obras de engenharia

Os mapas geotécnicos para aplicações específicas de engenharia têm finalidades diferentes (González de Vallejo et al., 2002): i) Estudos prévios ou de viabilidade para selecção de locais ou traçados; ii) Informação e dados para o projecto e construção de uma obra. Em ambos os casos a informação do mapa deve ser complementada com perfis geotécnicos.

De entre as principais aplicações da cartografia destacam-se os estudos de viabilidade e a selecção de alternativas para o traçado e construção de obras lineares: estradas, vias férreas, etc.; na medida em que as condições geológico-geotécnicas do terreno podem ser determinantes na definição do traçado. A cartografia deve fornecer informação sobre as condições topográficas e geomorfológicas, cursos de água, propriedades gerais de solos e rochas, materiais de construção, etc.; as escalas destes mapas são, habitualmente, entre 1:10.000 e 1:2.000 (Zuquette & Gandolfi, 2004). A cartografia dever-se-á realizar pelo menos para uma banda de 500m para cada lado do traçado em estudo, e se necessário para extensões maiores (por exemplo se existirem zonas de deslizamento extensas ou outro tipo de condições problemáticas que afectem um dado traçado). A cartografia geotécnica de pormenor para o projecto de obras realiza-se a escalas maiores, normalmente entre 1:500 e 1:2.000.

No caso de aplicação a túneis a cartografia deve fornecer informação sobre as propriedades dos materiais em profundidade. As escalas de trabalho são similares às das obras lineares de superfície. Para realizar os mapas de detalhe e perfis geotécnicos é necessária a realização das sondagens que alcancem, pelos menos, a cota do túnel.

Os mapas geotécnicos para a construção de barragens devem ser realizados, quer para a zona de fundação da estrutura de betão, quer para a área que ocupará o reservatório/albufeira. As escalas habituais para os estudos prévios são entre 1:10.000 e 1:2.000; os mapas para o desenho da

barragem são realizados com grande detalhe, 1:1.000 a 1:500 e, para a zona do reservatório/albufeira são habitualmente escalas entre 1:5.000 e 1:2.000 (González de Vallejo et al., 2002; Zuquette & Gandolfi, 2004).

O quadro 7 sintetiza os estudos geotécnicos a realizar, função da sua escala, para diferentes obras de engenharia.

Quadro 7. Síntese do tipo de obras de engenharia e estudos geotécnicos a realizar, função da sua escala, (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

Tipo de Obras	Escala	Escala de detalhe	Parâmetros a estudar
Obras lineares: Estradas, vias férreas, etc.	1:10.000 a 1:2.000	1:500 a 1:2.000	<ul style="list-style-type: none"> - Localização das sondagens e investigações realizadas. - Processos dinâmicos (deslizamentos e subsidência), áreas instáveis e riscos geológicos. - Aptidão geotécnica para fundações e apoio de obras de terra. - Taludes em escavações. - Condições de drenagem. - Situação e qualidade dos materiais de empréstimo.
Túneis	1:10.000 a 1:2.000	1:500 a 1:2.000	<ul style="list-style-type: none"> - Litologia, descontinuidades e falhas. - Resistência e deformabilidade dos materiais. - Fluxos de água e drenagens. - Tensões naturais. - Métodos de escavação. - Métodos de sustimento. - Zonas de emboquilhamento: estabilidade, recobrimentos, zonas alteradas, presença de água, etc.
Barragens	1:10.000 a 1:2.000	1:1.000 a 1:500 (escalas de desenho da barragem) 1:5.000 a 1:2.000 (zona de albufeira)	<ul style="list-style-type: none"> - Litologia, descontinuidades e falhas. - Propriedades resistentes e deformacionais dos maciços rochosos de fundação. - Estabilidade dos maciços nas zonas de encostos. - Permeabilidade e condições hidrogeológicas. - Sismicidade e outros riscos naturais. - Formações superficiais e profundidade de zonas alteradas. - Estabilidade de encostas / taludes. <p>Os mapas da área da albufeira/reservatório devem contemplar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riscos geológicos; - Estabilidade de encostas/taludes; - Formações superficiais; - Materiais de construção, zonas de empréstimo e de pedreiras.

2.5.3. Riscos geológicos

Os processos geodinâmicos que afectam a superfície terrestre dão lugar a movimentos do terreno de diferente magnitude e características, que podem constituir riscos geológicos ao afectar, de uma alguma forma comprometedora as actividades humanas. Fenómenos tão variados como a erosão, a dissolução, os movimentos sísmicos, as erupções vulcânicas e as precipitações intensas podem produzir deslizamentos e/ou desprendimentos de materiais. Estes movimentos do terreno são o reflexo do carácter dinâmico do meio geológico e da evolução natural do relevo, mas também podem ser provocados pelo Homem ao interferir com a natureza ao modificar as suas condições (González de Vallejo, 2002).

Os movimentos do terreno, desde um deslizamento de pequena magnitude até um terramoto de grande intensidade, podem causar, em algumas situações, um número muito elevado de vítimas e perdas económicas. Considerando também as inundações e os ciclones, nas duas últimas décadas o número de vítimas mortais no mundo já superou os 3 milhões. Segundo o Banco Mundial, entre os anos 1990 e 1996 os desastres naturais já superaram os 36.000 milhões de euros (Murck et al., 1996).

Os problemas derivados da dupla interacção entre o meio geológico e as actividades humanas fazem com que seja necessário intervenções adequadas para se conseguir um equilíbrio entre as condições naturais e a ocupação do território, incorporando os métodos de prevenção e mitigação dos riscos geológicos e a planificação. Estas actuações devem partir do conhecimento dos processos geodinâmicos e do comportamento geomecânico do terreno.

Os danos associados a um determinado processo geológico dependem de (González de Vallejo, 2002), quadro 8:

- Velocidade, magnitude e extensão do mesmo. Os movimentos do terreno podem ocorrer de forma violenta e catastrófica (terramotos, grandes deslizamentos repentinos, subsidências) ou lenta (fluxos e outros movimentos de encostas, subsidências, etc.);
- A possibilidade de prevenção e predição e o tempo de aviso; alguns processos, como terramotos ou inundações repentinas não podem ser previstos, dispondo-se de muito pouco ou mesmo nenhum tempo para alertas;
- A possibilidade de actuar sobre o processo e controlá-lo ou de proteger os elementos expostos aos seus efeitos.

Os efeitos dos movimentos do terreno podem ser directos ou indirectos, a curto, longo prazo ou permanentes. A escala de tempo geológico em que se desenrolam determinados processos, como os tectónicos ou isostáticos, faz com que os seus efeitos não sejam consideráveis à escala humana. Determinados processos, quando ocorrem à “escala geotécnica”, são apenas controláveis mediante actuações antrópicas, tais como os deslizamentos e desprendimentos, os processos erosivos, as subsidências e as inundações. Os terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas e grandes deslizamentos e avalanches em zonas montanhosas ficam fora do alcance e controlo humano (González de Vallejo, 2002).

Quadro 8. Processos geológicos e meteorológicos susceptíveis de originar riscos (adaptado de González de Vallejo, 2002).

Processos	Riscos potenciais
Geodinâmicos externos	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamentos e desprendimentos - Subsidências - Erosão - Expansividade e colapsividade de solos
Geodinâmicos internos	<ul style="list-style-type: none"> - Terramotos e tsunamis - Vulcanismo - Diapirismo
Meteorológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Chuvas torrenciais e precipitações intensas - Inundações

A UNESCO (“United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization”) define risco natural (Varnes, 1984) como a probabilidade de ocorrência potencial, num determinado período de tempo específico e numa dada área, de um fenómeno de destruição.

O nível do potencial risco pode ser reduzido e as consequências dos efeitos desastrosos mitigados, pela introdução de medidas reguladoras no processo do planeamento biofísico. O impacto dos desastres pode ainda ser reduzido pela incorporação nos códigos de construção e outras regulamentações, de medidas estruturais que possam responder de forma adequada às solicitações exigidas pelo meio, no caso de acontecimentos potencialmente devastadores. Exemplos de códigos e normas, por vezes aplicados em Portugal, que pretendem contribuir para a minimização desses impactos são o “Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico” (Maranha Neves, 1994,

Matos Fernandes, 2000) e o “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSAEEP, 2000, Sousa Oliveira 1986, Sousa Oliveira et al. 1999). Por fim, convém referir que a nota apresentada por Rebelo (2003) sistematiza os principais aspectos da legislação portuguesa sobre riscos.

A UNESCO (cf. <http://portal.unesco.org/en>) considera três tipos de risco, i.e., o risco específico, os elementos em risco e o risco total.

- Risco específico (R) refere-se a um nível esperado de perda, associado a uma perigosidade específica. Pode ser expresso através do produto dos parâmetros perigosidade (H) e vulnerabilidade ($R=H \times V$);
- Elemento em risco (E) refere-se à população, às propriedades e à actividade económica em risco numa dada zona;
- Risco Total (RT) refere-se aos números esperados de vidas perdidas, de feridos, de propriedades danificadas e de perdas para a actividade económica, provocadas por uma determinada perigosidade. Pode ser visto como o produto entre o risco específico e os elementos em risco ($RT=R \times E$ ou $RT=E \times H \times V$).

Os mapas constituem um meio mais eficaz de apresentar a informação, a uma escala conveniente, referente à perigosidade e risco de uma região, e devem ser executados e usados por entidades competentes sempre que necessário. Os trabalhos de cartografia têm por objectivo primordial dividir o território em zonas ou unidades com diferente grau de perigosidade ou risco potencial.

Os mapas inventário incluem a localização espacial dos processos e/ou das zonas afectadas, assim como as características das mesmas. Por exemplo, no caso de escorregamentos de taludes, um mapa deste tipo inclui a forma pontual ou zonal da actuação dos processos, as áreas afectadas e, dependendo do detalhe, pode ser indicado o tipo de movimento, a idade, o grau de actividade, entre outros. Geralmente, os mapas de processos de geodinâmica externa contêm informações topográficas e geomorfológicas.

A susceptibilidade pode ser definida como a possibilidade de uma zona ser afectada por determinados processos, expressa em diversos graus qualitativos e relativos. Depende dos factores que controlam a ocorrência dos processos que podem ser intrínsecos aos próprios materiais geológicos externos.

Os mapas de susceptibilidade são baseados em:

- Mapas de inventário (zonas que sofreram ou possam vir a sofrer a ocorrência de processos geodinâmicos);
- Mapas de factores (áreas em que convergem determinados factores que condicionam a ocorrência dos processos numa determinada zona, ou que mesmo que ainda não tenham ocorrido possam vir a manifestar-se no futuro).

Neste último caso, a metodologia a seguir consiste, basicamente, na preparação de mapas temáticos dos factores condicionantes e na sobreposição dos mesmos, de modo a estabelecer graus de susceptibilidade em função do peso atribuído a cada factor. Estes mapas são elaborados com base em técnicas SIG (Sistema de Informação Geográfica) que permitem uma análise automática dos dados.

A metodologia a seguir na execução de mapas de risco é a seguinte (González de Vallejo et al., 2002), quadro 9:

- Estimação do grau de perigosidade do processo geológico, considerando a intensidade ou magnitude e o período de tempo;
- Identificação e valorização dos elementos sociais, estruturais e económicos (e caso seja necessário, ambientais e culturais) que podem ser afectados;
- Avaliação da vulnerabilidade social, estrutural e económica (em termos ambiental e cultural) dos elementos expostos;
- Estimação do risco a partir da perigosidade e da vulnerabilidade, e dos custos dos elementos ou zonas consideradas.

Quadro 9. Tipos de mapas de perigosidade vs. conteúdo/metodologia adoptada (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

TIPO DE MAPA	CONTEÚDO	METODOLOGIA
Inventário	Localização e distribuição espacial dos processos actuais e passados e/ou das zonas afectadas Características dos processos (tipo, magnitude, velocidade, intensidade, etc...)	Compilação dos dados Estudo da tipologia e características dos processos
Susceptibilidade	Zonas com diferente grau de susceptibilidade face á ocorrência de um tipo de processo	Análise de processo Análise dos factores condicionantes Sobreposição dos factores
Perigosidade	Zonas com diferente grau de perigosidade	Análise dos factores desencadeadores Previsão espacial e temporal da ocorrência dos processos
Vulnerabilidade	Localização espacial dos elementos ou zonas com diferente grau de vulnerabilidade	Identificação dos elementos expostos Avaliação da sua vulnerabilidade
Risco	Divisão do território com base no risco ou grau de risco	Avaliação das perdas devido a um processo
Multi-riscos	Divisão do território com base no risco ou grau de risco	Avaliação das perdas devido a vários riscos

Os elementos culturais que podem ser considerados são os monumentos e edifícios históricos, e como elementos ambientais os parques e zonas protegidas. Os dados obtidos podem ser representados em mapas individuais (mapas de perigosidade, de vulnerabilidade, ...) ou num único mapa-síntese que reflecta todos os aspectos.

Face as dificuldades para realizar previsões temporais para estimar um valor da perigosidade e definir a sua probabilidade de ocorrência, a perigosidade é geralmente expressa sob uma forma qualitativa (alta, média ou baixa) ou, unicamente, referir-se-á em termos de localização espacial dos processos geodinâmicos envolvidos. Pelo que, muitos mapas denominados de perigosidade, inclusive os mapas de risco, não são mais do que mapas de susceptibilidade (do tipo territorial, geomorfológico, geológico, geotécnico, etc.).

2.6. Breve caracterização geológico-geotécnica de maciços

2.6.1. Introdução

Em estudos de cartografia geológico-geotécnica de maciços rochosos fracturados a contribuição da geologia é de extrema importância nas várias fases de qualquer projecto de engenharia. Com efeito, a habitual complexidade das unidades geológicas, no que se refere à diversidade dos tipos de litologias, à sua heterogeneidade e alteração, e ainda às superfícies de descontinuidade (estruturas planares) que as intersectam, reflecte-se na estabilidade e permeabilidade de um dado maciço rochoso (Rocha, 1981; Brown, 1991; Hoek, 2000).

De facto, as ferramentas geológicas tradicionais (cartografia geológica, geologia estrutural e fotogeologia) quando aplicadas à prospecção geotécnica, perspectivadas num quadro geológico regional actualizado, em que se valorizam os trabalhos à escala local baseados em critérios técnico-científicos, são concertiza ferramentas de excelência, dentro dos seus limites de actuação e de competência em estudos de natureza aplicada (e.g., ISRM, 1978, 1981; Ferrer & González de Vallejo, 1999; Hoek, 2007).

A caracterização das descontinuidades e do grau de alteração/alterabilidade em maciços rochosos são determinantes nas estratégias de prospecção geotécnica. A abordagem aqui exposta apoia-se, como se referiu, numa perspectiva que tenta atingir um equilíbrio onde se valorizam os imprescindíveis parâmetros geológicos qualitativos (abordagem físico-naturalista) e o rigor de uma abordagem físico-matemática. Esta última alicerçada em recomendações padronizadas que permitam uma avaliação e caracterização quantitativa, com o mínimo de subjectividade, de uma série de parâmetros físicos, como por exemplo, os critérios geológico-geotécnicos e geomecânicos sugeridos pela ISRM (1978, 1981), pelo Eurocódigo 7: projecto geotécnico (e.g., Maranha das Neves, 1994; Matos Fernandes, 2000) ou pelo CFCFF (1996), para, de uma forma coerentemente entrosada, dar resposta a qualquer tipo de estudo de natureza aplicada.

É frequente recorrer à geomecânica quando é necessário estudar as características e propriedades dos maciços rochosos, tenha o estudo um carácter prático ou teórico. Esta disciplina veio a ser desenvolvida à medida que foi sendo necessário conhecer e utilizar o meio geológico nas várias obras de engenharia. Os três grandes grupos que poderemos admitir como sendo os casos em que a geologia condiciona intensamente os vários projectos concebidos são os casos em que o meio geológico funciona como meio estrutural, suporte de estruturas e por último como matéria-prima de construção. A alteração das rochas, que muitas vezes é bastante intensa, proporcionando que os maciços mais superficiais frequentemente se comportem como

verdadeiros solos, obriga a mecânica das rochas a interligar-se com a mecânica dos solos. Convém também referir que é primordial prestar muita atenção à geologia estrutural, por forma a identificar acidentes geológicos que afectem as condições dos maciços (Oliveira, 1990), figura 5. As massas rochosas surgem quase sempre afectadas de planos de descontinuidade que separam os blocos de matriz rochosa ou “rocha intacta” constituindo um conjunto de maciços rochosos. Todos estes devem ser estudados com particularidade, muito embora mereçam maior destaque as descontinuidades por serem as estruturas que lhe conferem um aspecto descontínuo, anisotrópico e mais influenciam o comportamento mecânico dos maciços (González de Vallejo et al., 2002). Os maciços rochosos, para além de serem normalmente descontínuos e heterogéneos, apresentam, geralmente uma marcada anisotropia. Esta é devida, por um lado, à anisotropia do material rochoso e, por outro lado, às famílias de descontinuidades que compartimentam os maciços. Esta última contribuição é em geral a mais relevante, não só no que diz respeito à deformabilidade mas também à resistência dos maciços rochosos (Rocha, 1981; Brown, 1991).

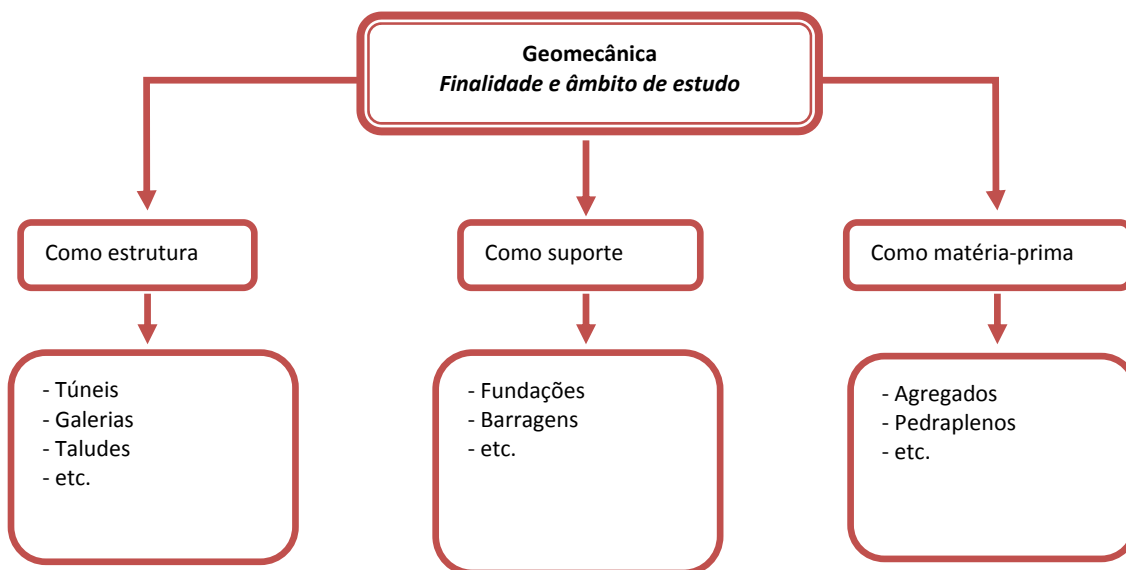


Figura 5. Esquema da finalidade e âmbito do estudo da geomecânica (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

2.6.2. Características da matriz rochosa

Entende-se por matriz rochosa, como já referido acima, a “rocha intacta” que surge naturalmente moldada pelas diversas discontinuidades que a envolvem, formando em conjunto com estas o maciço rochoso. Através de uma inspecção visual, a matriz rochosa fornece-nos algumas informações acerca da sua génese respectiva mineralogia, poderão ser obtidos outras propriedades petrofísicas, tais como a dureza, a densidade, etc.. Os aspectos em geral utilizados no terreno são os seguintes (González de Vallejo et al., 2002):

- Caracterização e identificação micro e macroscópica dos constituintes; textura e estrutura;
- Grau de Alteração / Alterabilidade;
- Grau de compartimentação e fracturação e Resistência do material.

2.6.3. Descrição das discontinuidades

Designa-se usualmente por discontinuidade qualquer entidade geológica que interrompa a continuidade física de uma dada unidade geológica (Rocha, 1981; Brady & Brown, 2004). Estas entidades são de extrema relevância pois, ao seccionarem um dado maciço rochoso, vão influenciar as propriedades geomecânicas deste, uma vez que lhe conferem um comportamento, em termos de deformabilidade, de permeabilidade e de resistência ao corte, muito diferente do estágio que se pode imaginar como inicial. É, assim, comum em mecânica das rochas o uso do termo discontinuidade como uma designação geral para descrever a maior parte das superfícies estruturais (tais como falhas, diaclases, estratificação, xistosidade, etc.) de um dado maciço que mostram uma resistência relativamente baixa à tracção (ISRM, 1978, 1981).

O termo discontinuidade referencia, desta forma, qualquer plano de separação no maciço rochoso, podendo este ter origem sedimentar (como as superfícies de estratificação ou laminação), diagenética (como as estruturas filonianas) ou tectónica (como as diaclases e falhas). No quadro 10 apresentam-se os diferentes tipos de discontinuidades, agrupando-se os diferentes tipos de discontinuidades em sistemáticas, quando aparecem em famílias e em singulares, quando aparece um único plano que atravessa o maciço rochoso.

Quadro 10. Tipos de descontinuidades (adaptado de ISRM, 1981; González de Vallejo et al., 2002).

Descontinuidades	Sistemáticas	Singulares
Planares	<ul style="list-style-type: none"> - Planos de estratificação - Planos de laminação - Planos de xistosidade - Diaclases e fissuras 	Falhas Filões Discordâncias
Lineares	<ul style="list-style-type: none"> - Intersecção de descontinuidades planares - Lineações 	Eixos de dobras

As descontinuidades podem surgir no meio geológico de duas formas: de uma forma sistemática ou de uma forma singular. No primeiro caso designam-se por famílias de descontinuidades porque estas tendem a ser muito semelhantes entre descontinuidades da mesma família e daí agrupá-las num conjunto família e caracterizar essa mesma família de forma qualitativa e quantitativa através de valores médios obtidos na caracterização de todas as descontinuidades que compõe essa mesma família. Diz-se singular quando é um único plano que interrompe a continuidades do maciço rochoso, sendo que nestes casos são consideravelmente mais contínuas e persistentes, podendo chegar a ter dimensões de ordem quilométrica.

As diaclases são os planos de descontinuidade mais frequentes nos maciços rochosos e correspondem, segundo a ISRM (1978), a superfícies que ocorrem no material-rocha ao longo das quais não existe rejeito entre os blocos. No entanto, o movimento ao longo das diaclases, mesmo sendo praticamente imperceptível, não reúne o consenso na comunidade científica. Para alguns autores, as diaclases com estrias são uma evidência de algum movimento tectónico no maciço. Por outro lado, outros autores consideram que se uma descontinuidade apresenta estrias, então deverá ser classificada como falha. Do ponto de vista geotécnico, importa determinar a amplitude da abertura da diaclase e a sua variação ao longo do plano de diaclasamento (em particular, verificar se ocorrem, ou não, pontos de contacto entre as duas superfícies separadas pelo diaclasamento). Quando preenchida, a natureza do preenchimento tem de ser muito bem especificada (em particular, as suas características mecânicas). Se a diaclase não estiver preenchida é importante, ainda do ponto de vista geotécnico, caracterizar a sua rugosidade (ISRM, 1981): verificar se as suas paredes são lisas, estriadas ou polidas e se são planas, onduladas, ou denteadas. Destas características dependerá o comportamento mecânico das descontinuidades.

2.6.4. Descrição de maciços rochosos

Nos estudos de engenharia geotécnica é importante descrever e caracterizar os maciços rochosos aflorantes; tendo como objectivo o conhecimento das propriedades e características geotécnicas das rochas do maciço. Estes trabalhos realizam-se durante as primeiras etapas da investigação “in situ”. Os trabalhos de campo permitem fazer a avaliação do comportamento geotécnico dos maciços rochosos, a planificação das fases de investigação mais avançadas e a interpretação dos resultados das mesmas. A caracterização dos maciços torna-se uma tarefa complexa, devido à grande variedade de condicionantes e propriedades geológico-geotécnicas, especialmente se materiais rochosos e terrosos estiverem muito fracturados e/ou meteorizados. Em todas as descrições deve-se incluir todos os aspectos e parâmetros que possam ser observados, deduzidos e medidos nos afloramentos.

As descrições dos maciços rochosos com fins geotécnicos necessitam de atenções e medidas adicionais às geológicas; assim se justifica a necessidade de estabelecer uma sistemática que uniformize critérios e facilite a comunicação entre todos os profissionais que tenham de realizar trabalhos semelhantes. Estas descrições podem implicar um certo grau de subjectividade que se deve evitar, na medida do possível, realizando observações sistemáticas e utilizando uma terminologia padronizada (ISRM, 1987, 1981), tendo em conta os seguintes aspectos:

- todos os factores devem ser examinados sistematicamente e numa sequência lógica;
- não se deve omitir nenhuma informação básica sobre o afloramento; as descrições devem caracterizar de uma forma precisa o maciço e permitir a dedução da informação mais relevante;
- o número de dados deve ser, se possível, estatisticamente representativo.

A caracterização de cada zona geotécnica deve realizar-se de uma forma objectiva e individualizada, e incluir o estudo da matriz rochosa, das discontinuidades e do conjunto do maciço, descrevendo tanto as suas propriedades intrínsecas como os factores externos que condicionam o seu comportamento.

A sistemática para a descrição dos afloramentos de maciços rochosos pode-se resumir nas seguintes etapas (ISRM, 1987, 1981):

- descrição das características gerais do afloramento - geologia estrutural, tipo de discontinuidades, composição mineralógica e textural do material-rocha, grau de alteração;
- divisão em zonas geotécnicas e descrição geral de cada zona - a divisão em zonas mais ou menos homogéneas realiza-se a partir de critérios fundamentalmente litológicos e geológico-

estruturais. O número de zonas que se estabelece e a extensão das mesmas dependerá do grau de heterogeneidade dos materiais e estruturas que formam o maciço rochoso. Dever-se-á descrever as características gerais de cada zona;

- descrição pormenorizada de cada zona geotécnica - a descrição de cada zona é levada a cabo em separado e detalhadamente, o mais objectiva e clara possível, recorrendo-se, normalmente, a uma terminologia recomendada (*e.g.*, ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995; CFCFF, 1996);
- descrição dos parâmetros geológicos e geométricos do maciço rochoso - a descrição dos parâmetros do maciço rochoso realiza-se a partir de dados recolhidos em cada estação geológico-geotécnica. Além disso, estabelecem-se parâmetros referentes ao número de famílias de descontinuidades, orientação e características representativas a cada uma delas, determinando sua importância relativa, tamanho e forma dos blocos, grau de alteração, etc.;
- caracterização global e classificação geomecânica do maciço rochoso com o objectivo de definir a qualidade e resistência do maciço, através da quantificação de parâmetros geológico-geotécnicos e modelação físico-matemática.

O primeiro passo no estudo de um afloramento de um maciço rochoso deve ser a identificação do mesmo e a sua descrição geral. Posteriormente leva-se a cabo a divisão em zonas — denominadas por zonas geotécnicas — e a descrição das mesmas. É de extrema utilidade a realização de fotografias e desenhos esquemáticos do afloramento, onde se deverá indicar as características geológico-geotécnicas básicas de cada zona.

Em geral, num maciço rochoso dever-se-á estabelecer distintas áreas com diferentes aspectos e tipos de materiais rochosos, por exemplo, heterogeneidade litológica, elementos geológico-estruturais, grau de fracturação, grau de alteração, etc., o que permitirá uma divisão inicial por zonas ou, até mesmo, em sub-zonas. Esta abordagem facilitará as posteriores descrições geológico-geotécnicas e a aplicação sistemática dos procedimentos técnicos julgados adequados.

Em determinadas ocasiões podem existir poucos afloramentos ou estes apresentarem pouca extensão o que dificultará a tarefa de estudo desse maciço. Nestas situações recomenda-se o seguinte (Ferrer & González de Vallejo, 1999):

- Identificação do afloramento: localização, situação geográfica, acessibilidade, extensão, características geométricas, etc;
- Fotografias e esquemas de campo;

- Descrição geológica geral:
 - o caracterização das unidades geológicas regionais e/ou locais;
 - o descrição e caracterização das litologias;
 - o descrição das macro- e mesoestruturas;
 - o traços geológico-estruturais gerais do maciço;
 - o identificação das zonas alteradas e meteorizadas, bem como das espessuras das mesmas;
 - o presença de água, exsurgências, etc.
- Divisão em zonas e descrição geral de cada zona geotécnica: o estudo realizar-se-á com base em critérios litológicos e estruturais considerando os sectores mais ou menos homogêneos do afloramento; não é conveniente estabelecer demasiadas zonas;
- Identificação de zonas singulares: são aquelas zonas, com a existência de elementos estruturais não sistemáticos, que não se repetem no maciço e, por isso, têm influência nas suas propriedades e comportamento geomecânico; por exemplo, falhas, filões, zonas de brecha, cavidades, zonas de fluxo de água, etc. Estas zonas devem ser tratadas e descritas de forma individualizada.

Parâmetros do maciço rochoso

Para a caracterização global do maciço rochoso a partir dos dados obtidos no estudo dos afloramentos, juntamente com a descrição dos seus componentes, da matriz-rochosa e das descontinuidades, devem ser considerados outros aspectos representativos do conjunto, tais como:

- número e orientação das famílias de descontinuidades;
- tamanho de blocos e intensidade da fracturação;
- grau de alteração.

O comportamento mecânico do maciço rochoso e os seus mecanismos de rotura estão condicionados, em grande parte, pelo número de famílias de descontinuidades. A intensidade do grau de fracturação e o tamanho dos blocos da matriz rochosa são dados pelo número de famílias de descontinuidades e pelo espaçamento de cada família. Cada uma das famílias fica

caracterizada pela sua orientação no espaço, pelas suas propriedades e características dos planos estruturais.

O maciço pode classificar-se pelo número de famílias, variando entre maciços rochosos maciços com apenas uma família de descontinuidades e maciços com três ou mais famílias de descontinuidades (quadro 11).

Quadro 11. Classificação de maciços rochosos pelo número de famílias de descontinuidades (ISRM, 1981).

Tipo de maciço rochoso	Número de famílias
I	Maciço compacto, com algumas descontinuidades ocasionais dispostas aleatoriamente.
II	Uma família de descontinuidades.
III	Uma família de descontinuidades e ainda algumas descontinuidades ocasionais dispostas aleatoriamente.
IV	Duas famílias de descontinuidades.
V	Duas famílias de descontinuidades e ainda algumas descontinuidades ocasionais dispostas aleatoriamente.
VI	Três famílias de descontinuidades.
VII	Três famílias de descontinuidades e ainda algumas descontinuidades ocasionais dispostas aleatoriamente.
VIII	Quatro ou mais famílias de descontinuidades.
IX	Maciço de rocha esmagada, com o aspecto idêntico ao de um solo.

As características das paredes dos blocos de material-rocha adjacentes à descontinuidade são outro aspecto a ter em conta, por serem condicionantes da sua resistência e das características de condutividade hidráulica. Assim, a resistência à compressão do material-rocha que constitui as paredes das descontinuidades é uma componente muito importante da resistência ao corte e deformabilidade. Especialmente no caso em que as paredes estão em contacto directo, o que acontece, em regra, no diaclasamento fechado. Por isso, recorre-se a uma definição da resistência obtida por meio de correlações com outras propriedades. Assim é habitual analisar o estado de alteração, a dureza determinada com esclerómetro portátil (martelo de Schmidt), ou simplesmente por resposta ao toque com o martelo de Geólogo (quadro 12).

Quadro 12. Terminologia para caracterização do estado de resistência (ISRM, 1978).

Grau (R-Rock)	Descrição	Características	Resistência à compressão uniaxial aproximada (MPa)
R₀	Rocha muito branda	Marcada pela unha do polegar.	0,25 - 10
R₁	Rocha branda (I)	Fragmentada com pancadas firmes percutidas com a ponta do martelo de geólogo. Pode ser cortada em fatias com um canivete.	1 – 5
R₂	Rocha branda (II)	Pode ser cortada em fatias com um canivete com dificuldade. Marcas superficiais obtidas com pancadas firmes percutidas com a ponta do martelo de geólogo.	5 – 25
R₃	Rocha razoavelmente resistente	Não pode ser esmigalhada ou cortada em fatias com canivete. Podem-se obter fragmentos de rocha com uma pancada seca do martelo de geólogo.	25 – 50
R₄	Rocha resistente	Podem-se obter fragmentos dando mais de uma pancada seca com o martelo de geólogo.	50 – 100
R₅	Rocha muito resistente	Para se obterem fragmentos são necessárias muitas pancadas com o martelo de geólogo.	100 – 250
R₆	Rocha extremamente resistente	Apenas se obtêm lascas percutindo com o martelo de geólogo.	> 250

As rochas apresentam-se à superfície, normalmente, meteorizadas, e por vezes alteradas por processos hidrotermais. A meteorização (ou alteração meteórica; Aires-Barros, 1991) geralmente afecta as paredes das discontinuidades de um modo mais vincado que o interior da massa rochosa. Resulta daqui a necessidade de avaliar tanto o grau de alteração do maciço rochoso como do material-rocha que constitui a parede. O quadro 13 apresenta uma metodologia qualitativa que permite descrever o grau de alteração meteórica do material rochoso e das discontinuidades.

Quadro 13. Descrição do grau de alteração meteórica (ISRM, 1981).

Termo	Descrição
Fresca ou sã	Não se observa sinais de meteorização na matriz rochosa.
Descolorada	Observam-se mudanças na coloração da matriz rochosa.
Desintegrada	A rocha é friável, apesar dos grãos minerais não estarem decompostos, mantendo-se a petrofábrica original.
Decomposta	A maioria dos minerais estão decompostos e não se reconhece a petrofábrica original.

A alteração de uma rocha consiste na sua desagregação e decomposição levadas a cabo por agentes físicos e químicos naturais, que transformam essa rocha noutro produto natural, agora em equilíbrio físico-químico com o meio ambiente (Aires-Barros, 1991).

A determinação do estado de alteração de um maciço rochoso ou do material-rocha, é também um factor importante a considerar. Este aspecto pode ser determinado de uma maneira quantitativa, recorrendo à medição de parâmetros como a resistência da rocha, a velocidade de propagação de ultra-sons (*e.g.*, ensaios geofísicos de refração sísmica) ou outros. A ISRM (1978, 1981) propôs que os graus de alteração a considerar fossem constituídos por 5 termos, enquanto que a GSE (1995) considera 6 termos. No entanto, considera-se em geotecnia (ISRM, 1981), frequentemente, a utilização de uma versão simplificada com 3 termos (quadro 14).

Na versão simplificada, as três classes poderão ter as seguintes designações (ISRM, 1981):

- W_{1-2} – rocha sã a pouco alterada;
- W_3 – rocha medianamente alterada;
- W_{4-5} – rocha muito alterada a decomposta.

Quadro 14. Graus de alteração propostos pela ISRM (1981).

Símbolos	Designações	Características
W_1	Sã ou não alterada	Não se observam sinais de alteração na matriz rochosa.
W_2	Ligeiramente alterada	Mudanças na cor original da matriz rochosa (descoloração). Registrar qual o mineral com mudança de coloração e se possível indicar o grau de descoloração.
W_3	Moderadamente alterada	Menos de metade do material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo, mantendo-se a petrofábrica original.
W_4	Muito alterada	Mais de metade do material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo. A rocha é muito friável.
W_5	Completamente alterada	Todo o material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo residual.

As descontinuidades condicionam de uma forma definitiva as propriedades e a compartimentação dos maciços rochosos em termos de resistência, de deformabilidade e de coeficiente hidráulico. A resistência ao corte nas descontinuidades é o aspecto mais importante na determinação da resistência dos maciços rochosos fracturados e para a sua correcta avaliação é necessário definir as características e as propriedades dos planos de descontinuidades.

O estudo geral de um maciço rochoso deverá incluir a identificação, a descrição das condições gerais do afloramento e a caracterização dos vários aspectos geológico-geotécnicos, i.e., o tipo de litologias e de material-rocha, o estado de alteração, o estudo das descontinuidades e as condições hidrogeológicas. A divisão em zonas geotécnicas mais ou menos homogéneas realiza-se a partir de critérios essencialmente litológicos, geológico-estruturais e geotécnicos. A descrição de cada zona deve ser o mais objectiva e clara possível, recorrendo-se, normalmente, a uma terminologia recomendada para efeitos de geologia aplicada à engenharia (*e.g.*, ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995; CFCFF, 1996).

Na descrição das diferentes famílias de descontinuidades num maciço rochoso incluem-se os seguintes parâmetros geológico-geotécnicos (figura 6):

- atitude geológica (directção/inclinação);
- espaçamento;
- continuidade ou persistência;

- rugosidade;
- resistência da parede das descontinuidades;
- abertura;
- enchimento;
- grau de alteração;
- percolação.

Alguns destes parâmetros, como a rugosidade, a abertura e o enchimento, determinam o comportamento mecânico e a resistência dos planos de descontinuidade, a descrição e medições destes parâmetros são realizados, em regra, no campo.

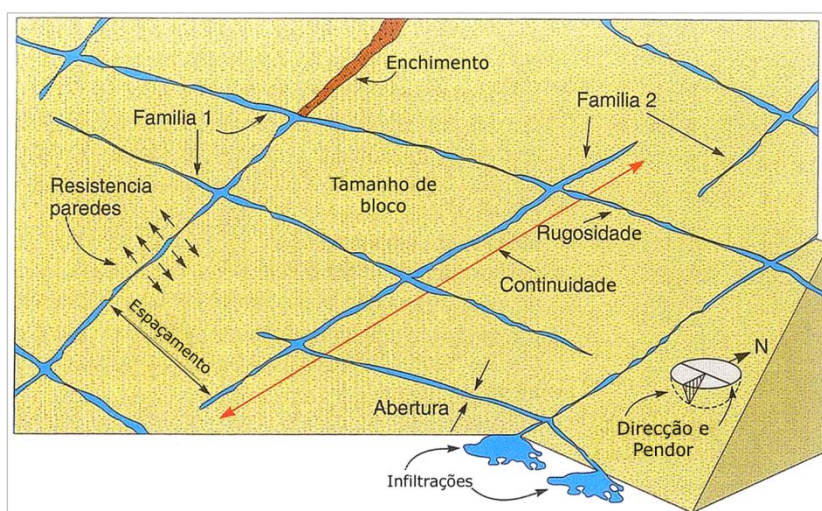



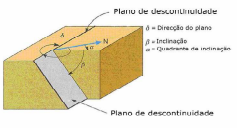

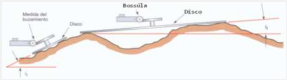
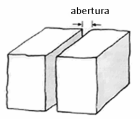
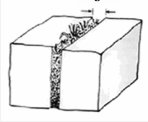
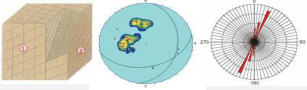


Figura 6. Representação esquemática das propriedades geológico-geotécnicas das descontinuidades (adaptado de González de Vallejo et al., 2002).

O quadro 15 sintetiza de uma forma esquemática e resumida os diferentes parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos, bem como resume as principais características de cada um dos parâmetros.

Quadro 15. Síntese dos diferentes parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos.

Características da matriz rochosa	Breve descrição (adaptado ISRM, 1978, 1981, 2007; GSE, 1995)	Procedimentos/Equipamentos	Observações	Esquema
Identificação: Textura, petrofábrica	A identificação visual de uma rocha estabelece-se a partir da sua composição e da sua textura ou relações entre os seus minerais. A este critérios descritivos acrescentam-se as características genéticas, quando estas podem ser deduzidas da paragénese mineral, composição química, forma e estrutura do reservatório, e relações temporais e espaciais com outras rochas. Na prática observa-se a composição mineralógica, a forma e tamanho dos grãos, a cor e transparência e a dureza.	Inspeção visual; martelo de geólogo lupa	Para uma correcta observação destas propriedades é necessário limpar a rocha de forma a eliminar qualquer película superficial de alteração. Segundo o tipo de rocha, pode ser determinada a possível presença de foliação e qual o tipo (foliação magmática, de fluxo, tectónica).	
Grau de alteração	A alteração é extremamente importante, na medida em que condiciona fortemente as propriedades mecânicas, tais como a porosidade, permeabilidade e deformabilidade, diminuindo, simultaneamente, a sua resistência. A alteração de uma rocha consiste na sua desagregação e decomposição levadas a cabo por agentes químicos e físicos naturais, que transformam a rocha noutro produto natural, agora em equilíbrio físico-químico com o meio ambiente.	Inspeção visual; martelo de geólogo		
Resistência à compressão simples	Os parâmetros de resistência podem ser determinados nos afloramentos rochosos a partir de ensaios geomecânicos, quer em laboratório (PLT), quer <i>in situ</i> (esclerómetro portátil).	Esclerómetro portátil ou "Martelo de Schmidt" e Ensaio de Carga Pontual (PLT)		
Características das discontinuidades	Breve descrição	Equipamentos	Observações	Esquema
Atitude geológica (direcção e inclinação)	A direcção é o ângulo que uma linha horizontal do plano define com o Norte magnético; a inclinação é o ângulo que a recta de maior declive do plano (perpendicular à direcção) define com o plano horizontal.	Bússola de Geólogo	Para a leitura da direcção a bússola deverá estar o mais horizontal possível, para que a leitura seja o mais rigorosa possível.	
Grau de fracturação (<i>fracture intercept</i> ; ISRM, 1981)	É a distância média entre discontinuidades sucessivas, medida segundo a intersecção com a linha de amostragem (<i>scanline</i>) - espaçamento. Este conceito não pressupõe, tal como refere a ISRM (1981), uma estimativa do espaçamento entre todas as discontinuidades da mesma família, mas sim, como referido pela ISRM (1981, 2007), o espaçamento entre todas as discontinuidades cartografadas, se possível segundo uma linha de amostragem no maciço.	Fita graduada	Sempre que possível dever-se-á registar o grau de fracturação global (independentemente das famílias consideradas) e, se possível, o espaçamento entre cada família (ISRM, 1981).	
Continuidade ou persistência	Continuidade ou persistência é o comprimento superficial de uma dada discontinuidade. É um parâmetro difícil de quantificar em afloramentos pois geralmente apenas se observam dimensões aparentes.	Fita graduada	Deve-se sempre observar a extremidade da superfície, i.e., se termina em rocha ou noutra discontinuidade. Característica muito importante na definição de potenciais superfícies de rotura.	
Resistência das paredes das discontinuidades	A resistência das paredes das discontinuidades influencia directamente a sua resistência ao corte e deformabilidade. O factor mais condicionante da resistência num plano de discontinuidade é o tipo de material que resulta da meteorização da face exposta do maciço ou algum preenchimento que esta possa conter. Uma superfície lisa, limpa e pouco alterada terá uma resistência idêntica à resistência da própria matriz rochosa.	Esclerómetro portátil ou "Martelo de Schmidt"	A superfície do plano de discontinuidade deverá ser limpa antes do ensaio esclerométrico, uma vez que caso a discontinuidade apresente algum preenchimento este poderá deturpar os valores de resistência obtidos.	
Rugosidade	A rugosidade corresponde à ondulação nas superfícies das discontinuidades. De acordo com a ISRM (1978, 1981) há três tipos de superfícies de discontinuidade: denteada, ondulada e plana, as quais podem ser subdivididas em três subclasses: rugosa, lisa e estriada. Este parâmetro influencia directamente a resistência ao corte do maciço; uma maior irregularidade das superfícies implica um maior atrito entre as paredes e, assim, uma possibilidade inferior de ocorrência de rotura.	Método dos discos/ Inspeção visual	A percolação de água através das discontinuidades é fortemente influenciada pela rugosidade, uma vez que influencia o regime de escoamento.	
Abertura	Entende-se por abertura a distância entre as duas paredes de uma dada discontinuidade medida perpendicularmente ao plano da discontinuidade. Este parâmetro influencia não só a resistência ao corte do maciço, como a deformabilidade e a permeabilidade.	Fita graduada		
Preenchimento	O preenchimento das discontinuidades corresponde ao material que se encontra entre as aberturas das próprias discontinuidades. Frequentemente estes materiais são de origem argilosa, totalmente distintos da origem da matriz rochosa, no entanto, por vezes pode-se observar o próprio material-rocha, alterado e esmagado, entre as discontinuidades. O tipo de preenchimento condiciona as condições de circulação da água no maciço, bem como a sua resistência ao corte.	Inspeção visual		
Percolação de água	A percolação de água através do maciço rochoso resulta sobretudo do fluxo de água através da rede de discontinuidades. A presença de água nos maciços está muitas vezes na origem de problemas de estabilidade e de rotura.	Inspeção visual		
Número e orientação das famílias de discontinuidades	O número de famílias de discontinuidades e o seu espaçamento determinam a intensidade do grau de fracturação e o tamanho dos blocos da matriz rochosa, os quais são responsáveis pelo comportamento mecânico do maciço. A orientação média de uma família é avaliada mediante técnicas de projecção estereográfica ou de diagramas de rosetas, a partir de dados registado no campo. A orientação das famílias de discontinuidades pode condicionar a estabilidade do próprio maciço, bem como de estruturas implantadas nesse maciço.	Blocos-diagrama; diagramas de contorno estrutural (estereogramas) e diagramas de rosetas	Nos reconhecimentos de campo devem ser registadas todas as famílias presentes. O grau de importância relativa é função da continuidade, espaçamento, abertura, etc.	

2.6.5. Técnica de amostragem linear aplicada às superfícies de descontinuidades

Seguidamente, e de uma forma breve, descreve-se a técnica de amostragem linear de superfícies de descontinuidades ocorrentes numa face exposta do maciço rochoso (figura 7). Esta técnica está descrita, entre outros, por Priest & Hudson (1981), Hudson & Priest (1983), Chaminé & Fernandes (1995), Peacock et al. (2003) e Brady & Brown (2004). Com esta técnica não se pretende efectuar o levantamento exhaustivo de todas as descontinuidades ocorrentes numa dada face exposta de rocha, mas sim obter dados a partir dos quais se poderão extrapolar as características de compartimentação da zona em estudo.

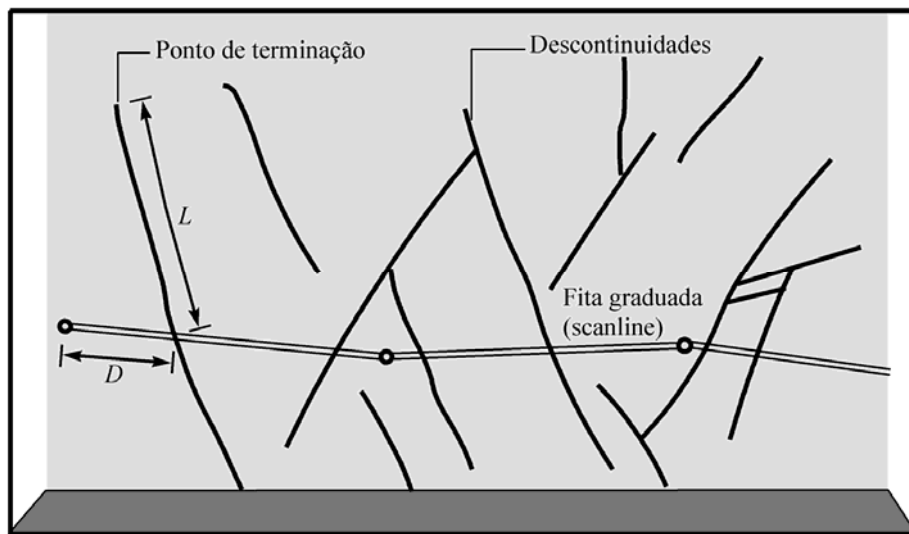


Figura 7. Esquema do dispositivo para levantamento de descontinuidades pela técnica de amostragem linear (adaptado de Brady & Brown, 2004). **D** – distância à origem da fita; **L** – semi-comprimento exposto.

A técnica de amostragem linear consiste, basicamente, na colocação de uma fita graduada em faces expostas do maciço e no registo de algumas características (geométricas e mecânicas) de todas as descontinuidades por ela intersectadas. Para cada descontinuidade que intersecta a linha de amostragem registam-se as seguintes grandezas (ISRM, 1978, 1981; Brady & Brown, 2004):

- **D:** distância à origem da fita graduada;
- **L:** semi-comprimento exposto, ou seja, o comprimento visível da intersecção da descontinuidade com a face de rocha, apenas para um dos lados da fita graduada;
- **T:** tipo de terminação que apresenta a extremidade da descontinuidade (R: na rocha; D: noutra descontinuidade; O: obscura);

- Atitude da descontinuidade (direcção/inclinação) medida junto ao ponto de intersecção da linha de amostragem com a descontinuidade;
- C: curvatura, numa escala de C1 a C5, em que C1 representa superfícies planas e C5 superfícies muito curvas;
- R: rugosidade, numa escala de R1 a R5, representando R1 uma superfície lisa e R5 uma superfície muito rugosa.

Além destas grandezas podem ser ainda eventualmente registadas outras características das descontinuidades, tais como abertura, tipo de preenchimento, presença de água e qualquer outra característica que se entenda relevante.

Todos os dados respeitantes a cada linha de amostragem são devidamente registados numa ficha de levantamento de descontinuidades da qual constam, além das grandezas já mencionadas, as seguintes:

- número da linha de amostragem;
- localização da linha de amostragem;
- atitude da linha de amostragem;
- direcção do hasteal (ou talude) estudado;
- litologia;
- grau de alteração;
- data do levantamento;
- rubrica do responsável pelo levantamento.

A figura 8 representa a ficha tipo de levantamento geomecânico de campo, com aplicação da técnica de amostragem linear.

[illegible]

Figura 8. Ficha tipo de levantamento geomecânico de campo, com aplicação da técnica de amostragem linear.

Para a determinação da resistência à compressão uniaxial (σ_c) do material-rocha, recorre-se ao designado ensaio esclerométrico. O esclerómetro portátil (Martelo de Schmidt) foi desenvolvido em 1948 como ensaio de natureza não destrutiva de dureza do betão (Schmidt, 1951), e foi usado, mais tarde, para calcular a resistência das rochas (Cargill & Shakoar, 1990). Este ensaio é executado com um aparelho portátil de campo denominado *martelo de Schmidt* que dispõe de uma massa de aço no seu interior e de uma ponta retráctil, a qual, ao ser pressionada contra a superfície da rocha faz com que a massa de aço ressalte (figura 9). Para que o ensaio se realize em perfeitas condições, é essencial uma correcta limpeza do local do ensaio, ausência de fissuras e eliminar-se a patina de rocha meteorizada. Este ensaio permite estimar de forma aproximada a resistência à compressão simples, sendo aplicado fundamentalmente à matriz rochosa e também às descontinuidades. A aplicabilidade deste ensaio é bastante elevada devido à sua simplicidade, rapidez e fácil portabilidade.



Figura 9. Aplicação do esclerómetro portátil (*martelo de Schmidt*) num maciço rochoso.

Na execução do ensaio o aparelho deve colocar-se perpendicularmente ao plano de ensaio. Em função da dureza da rocha, a massa de aço sofre um maior ou menor ressalto, sendo o valor registado numa escala do aparelho (10-100). Em cada ponto, registam-se 10 percussões com o martelo e eliminam-se os 5 valores mais baixos; por fim, considera-se o valor médio destas medições. Seguidamente, recorre-se ao ábaco de Miller (figura 10) para determinar a resistência à compressão simples a partir da dureza de Schmidt e da densidade média do material-rocha (ISRM, 1978) sendo classificada de acordo com o quadro 16.

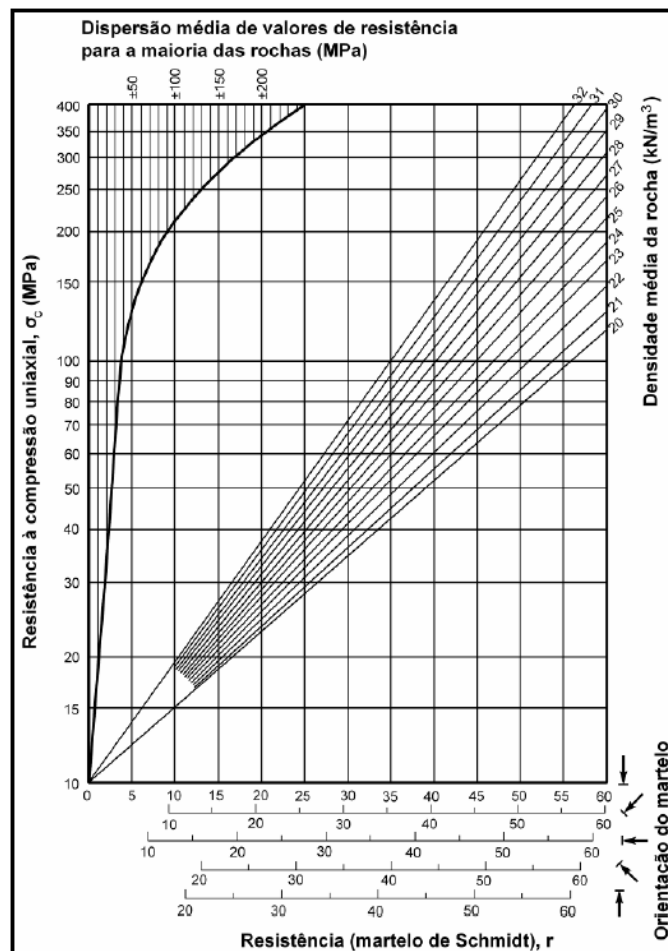


Figura 10. Ábaco de Miller para o cálculo da resistência à compressão simples a partir do *martelo Schmidt*.

Quadro 16. Resistência à compressão simples (segundo a ISRM, 1978, 1981).

Designação	Resistência à Compressão Simples (σ_c , MPa)	Classificação	
S_1	> 200	Muito elevada	S_{1-2} Elevada
S_2	60 a 200	Elevada	
S_3	20 a 60	Média S_3	
S_4	6 a 20	Baixa	S_{4-5} Baixa
S_5	< 6	Muito baixa	

**GEOTECNIA URBANA DA ZONA RIBEIRINHA DE VILA NOVA DE GAIA (Santa
Marinha, São Pedro da Afurada e Canidelo): reconhecimento preliminar**

3. Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Santa Marinha, São Pedro da Afurada e Canidelo): reconhecimento preliminar

3.1. Considerações iniciais

Esta dissertação pretende abordar a problemática dos aspectos da geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia, na margem esquerda do Rio Douro. O sector de estudo corresponde ao Cais de Gaia (Santa Marinha) e à praia de Lavadores (Canidelo). Consta de uma tentativa para o contributo do reconhecimento, da inventariação e da avaliação da cartografia geotécnica dos maciços aflorantes que, em regra, correspondem a taludes rochosos. A abordagem leva em consideração os aspectos geológicos, geotécnicos e geomecânicos dos maciços. Os aspectos dos maciços terrosos não serão objecto deste estudo e apenas terão um enquadramento cartográfico. Foram também investigadas todas as áreas consideradas potencialmente instáveis, especialmente em termos de desprendimentos de alguns blocos rochosos (consultar a investigação de mestrado desenvolvida no ISEP por R. Monteiro, 2008). A perigosidade de algumas escarpas, especialmente para a população local, público em geral e ecossistemas associados, são de assinalar. O estudo teve início, formalmente, em Março de 2009, com a compilação de toda a bibliografia e documentação diversa (integrando dados da tese de mestrado em R. Monteiro, 2008).

Os trabalhos de campo dos afloramentos estudados da presente investigação decorreram, fundamentalmente, durante os meses de Maio e Julho de 2009, totalizando 30 dias. Estes englobaram, então, o trabalho de reconhecimento e inspecção visual dos maciços, da cartografia geotécnica, dos levantamentos geológico-geotécnicos para o estudo do estado da compartimentação do maciço e da qualidade geomecânica e ensaios geomecânicos “in situ” para avaliar a resistência do maciço. Os levantamentos de campo foram realizados pelo signatário da dissertação, coadjuvado pela colega Eng^a Geotécnica Patrícia Moreira (LABCARGA-ISEP), sob coordenação do Prof. Doutor H. I. Chaminé e do Prof. Doutor J. P. Meixedo. No tratamento da cartografia e dos levantamentos geológico-geomecânicos recorreu-se a equipamento e instalações do Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) do ISEP. O presente trabalho enquadra-se, ainda, ao abrigo do projecto HIDROURBAN – *“Hidrogeologia, geomecânica e geoconservação de antigas minas de água: contribuição para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos em áreas urbanas e peri-urbanas”* apoiado pelo ISEP-IPP|PADInv’2007/08, em desenvolvimento no LABCARGA-ISEP.

Os processos geodinâmicos são vários e afectam o Homem, em maior ou menor grau, podendo alguns assumir proporções catastróficas com perdas de vidas humanas e/ou bens materiais. A acção antrópica introduz efeitos cumulativos sobre os processos geológicos naturais, uma vez que introduz desequilíbrios que os aceleram ou despoletam. Os processos de subsidência e de instabilização de vertentes e/ou taludes em áreas urbanas são bons exemplos de processos geodinâmicos com uma perigosidade relevante que actuam numa escala temporal mais vasta. Em ambos os casos, os seus efeitos são paulatinamente cumulativos até surgir um dado evento que actua como “gatilho” (“trigger event”) o qual poderá levar a uma série de ocorrências de maiores proporções. Há uma forte correlação entre fortes chuvadas ou sismicidade (mesmo de baixa intensidade), com grandes escorregamentos de terrenos ou quedas de blocos de rocha em áreas cujos declives naturais foram intervencionados por acções antrópicas, bem como áreas de topo, algo aplanadas, foram sujeitas a construções que induziram cargas sobre os terrenos.

Nas margens do rio Douro e zonas ribeirinhas associadas (quer do Porto quer de Gaia) há registos históricos de sectores de maior instabilidade das vertentes rochosas. Assim, poderemos como exemplo apontar os seguintes: i) há registos, pelo menos desde 1947 até 1997, no sector dos Guindais-Fontaínhas (Porto) de grandes deslizamentos de terras e rochas (Rosas da Silva, 1947; Neves, 1999; Campos e Matos et al., 2002; Pereira et al., 2008); ii) na escarpa da Serra do Pilar (margem esquerda do Rio Douro, junto à Ponte do Infante) houve, recentemente, deslizamentos de terras e blocos rochosos (LNEC, 2006); iii) na escarpa da Afurada há registos, pelo menos desde 2007 a 2009, de queda de blocos (Monteiro, 2008; Chaminé et al., in press). Ambos os casos apontados anteriormente foram objecto de intervenção geotécnica e estabilização estrutural.

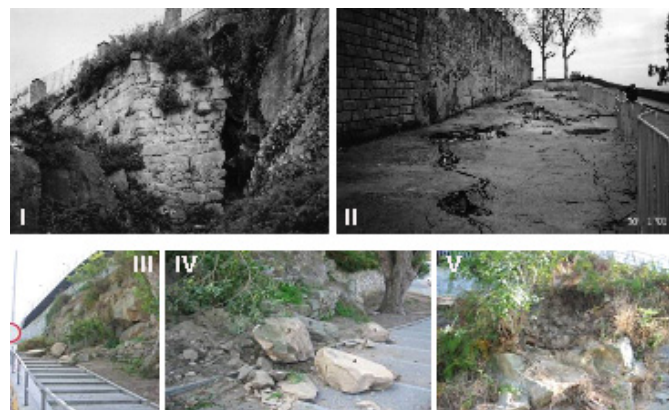


Figura 11. Exemplos de subsidência e/ou deslizamentos de terrenos nas proximidades das escarpas da zona ribeirinha do rio Douro. I, II) Abertura de fendas, subsidência do muro suporte na zona das Fontaínhas (Janeiro de 2001; fotos extraídas de Pereira et al., 2008) ; III,IV, V) Queda de blocos na escarpa dos taludes da Afurada (Agosto de 2008; fotos extraídas de Monteiro, 2008).

3.2. Localização

A área em estudo situa-se nas freguesias de Santa Marinha, de São Pedro da Afurada e de Canidelo, pertencentes ao concelho de Vila Nova de Gaia (figura 12). Actualmente, é o terceiro município mais populoso de todo o país. Vila Nova de Gaia apresenta uma população de 312.742 habitantes (INE - Instituto Nacional de Estatística, 2008), distribuída pelas suas 24 freguesias com uma área de aproximadamente 168,4 km² (INE - Instituto Nacional de Estatística, 2008). Encontra-se delimitado a Norte pela Cidade do Porto (margem direita do Rio Douro), a Sul por Santa Maria da Feira e Espinho, a Leste faz fronteira com Gondomar, enquanto que a Oeste se encontra com o Oceano Atlântico.

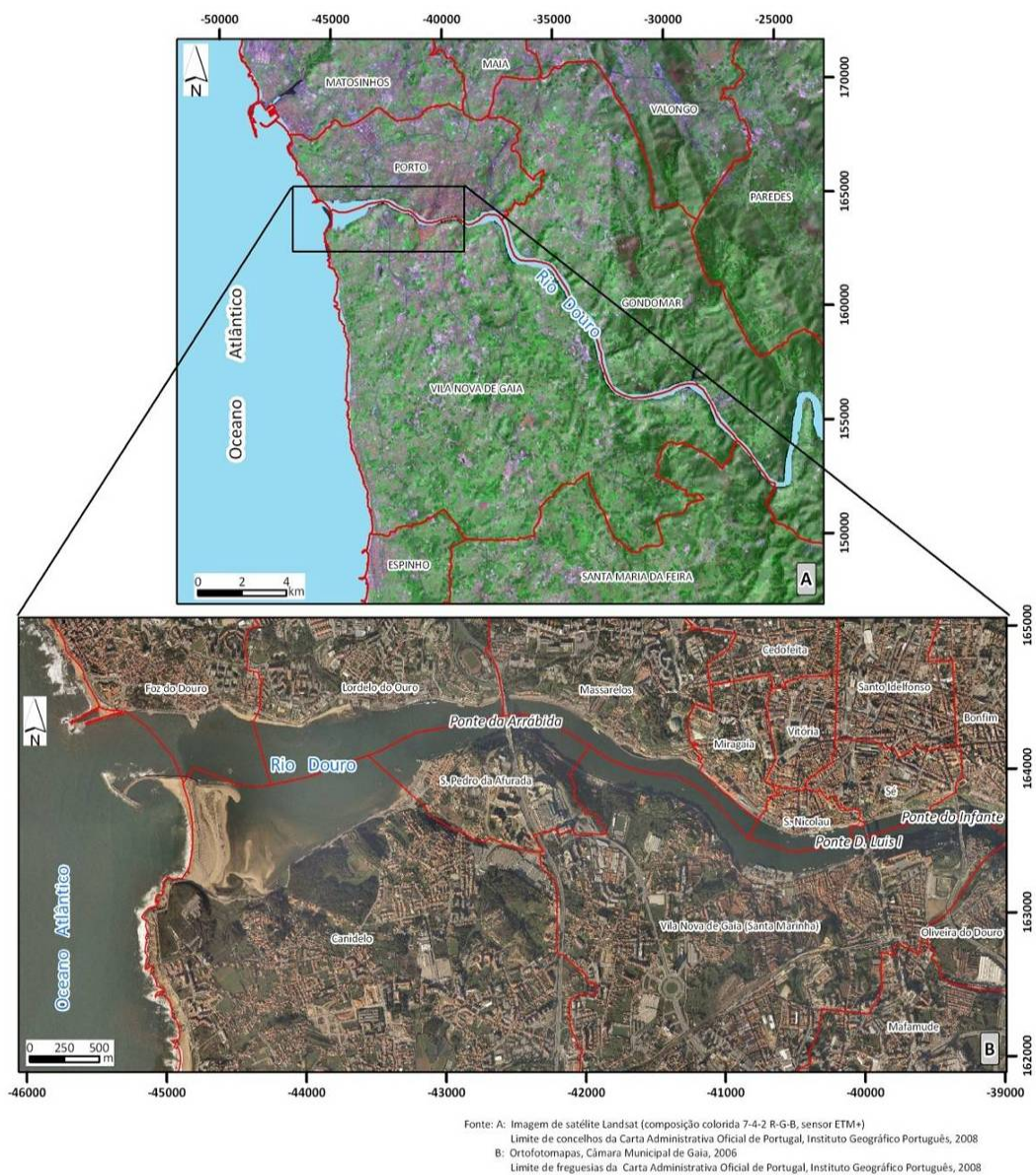


Figura 12. Enquadramento geográfico de Vila Nova de Gaia e concelhos envolventes, bem como das freguesias da área em estudo.

3.3. Aspectos históricos do município de Vila Nova de Gaia

Vila Nova de Gaia é um Concelho com referências históricas de uma riqueza única (Guimarães, 1995; Oliveira Ramos, 2001). As origens mais remotas deste território, transportam-nos através dos tempos, desde o Paleolítico, passando pela Romanização até aos dias de hoje.

A origem de Vila Nova de Gaia remonta provavelmente a um castro Celta. Quando integrada no Império Romano, tomou o nome *Cale*. Durante os tempos romanos, a grande maioria da população viveria na margem Sul do Douro, situando-se a Norte uma pequena comunidade em torno do porto de águas fundas, no local onde se situa agora a zona ribeirinha do Porto. O nome da cidade do Porto, posteriormente, "*Portus Cale*", significaria o Porto ("*Portus*" em latim) da cidade de Gaia (Oliveira Ramos, 2001). Com o desenvolvimento como centro de trocas comerciais, a margem Norte acabou por também crescer em importância, tendo-se aí estabelecido o clero e burgueses. O Foral do rei D. Afonso III, datado de 1255, concedido à então Vila de Gaia, uma povoação junto ao rio, relata o primeiro dos muitos episódios responsáveis pela organização das terras, o seu povoamento e as actividades às quais a população começou a dedicar-se. D. Dinis, em 1288, concedeu um foral à povoação do Burgo Velho do Porto que, desde aí, começou a ser denominada Vila Nova de Rei. Dada a fácil travessia do rio e o enorme ancoradouro, rapidamente aquela zona ribeirinha se tornou num importante estaleiro e entreposto comercial (Guimarães, 1995).

As duas povoações vizinhas, a de Gaia (ou *Gaya*), a poente, e a de Vila Nova (ou *Villa Nova*), a nascente, eram separadas pela denominada ribeira de Santo Antão e cada uma tinha a sua autonomia administrativa. Apesar destas condicionantes, estas duas povoações uniam-se sempre que a luta dos seus interesses eram postos em causa. Interesses esses que ficaram comprometidos com os acontecimentos dinásticos de 1383, quando os concelhos de Gaia e Vila Nova foram parcialmente integrados na administração da cidade do Porto, retirando-lhes, ainda que temporariamente, a sua autonomia municipal. Em 1518, D. Manuel I atribuiu um foral a Vila Nova e Gaia, no qual era realçada a pujança agrícola, por um lado, e o povoamento das freguesias com grandes propriedades e rendimentos, por outro (Guimarães, 1995).

Vila Nova de Gaia tornou-se, por volta da segunda metade do século XVIII, numa terra de homens do mar, artífices, mercadores e homens de negócios. E foi nesta época de prosperidade que os alguns estrangeiros começaram a instalar-se e a adquirir imóveis, nomeadamente casas e armazéns, os quais eram utilizados para apoiar as operações de embarque do vinho do Douro. Um negócio que alterou não só a economia, mas também o urbanismo de Gaia e Vila Nova com a

instalação da Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro em Vila Nova, por ordem do Marquês de Pombal, donde mobilizou a vinda de muitos ingleses (figs. 13 e 14).

No final das guerras liberais, Gaia e Vila Nova foram finalmente agraciadas com autonomia política, e ao fundirem-se nasceu o actual município de Vila Nova de Gaia, em 20 de Junho de 1834, com autonomia administrativa. Este cenário completa-se com uma enorme vaga de desenvolvimento, nomeadamente com o surgimento de fábricas de cerâmica, metalúrgica, tanoaria, cortiça, vidro, ao que se junta o aumento do número de armazéns de vinho (Guimarães, 1995).

O crescimento populacional e económico da cidade teve paralelos com os períodos de construção das pontes. Com inúmeras indústrias a fixarem-se na vila nos finais do século XIX, e o grande aumento populacional na segunda metade do século XX, foi finalmente elevada a cidade em 1984 (Guimarães, 1995; Oliveira Ramos, 2001).

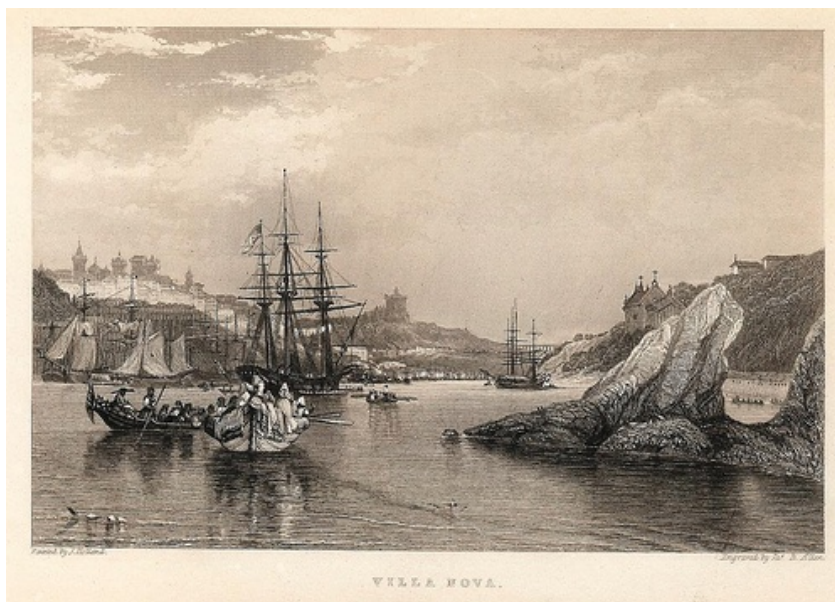


Figura 13. Aspectos das antigas povoações *Gaya* e *Villa Nova* numa gravura inglesa publicada em Londres no mês de Outubro de 1838 (www.blogdaruanove.blogs.sapo.pt, acedido em 04 de Setembro de 2009).

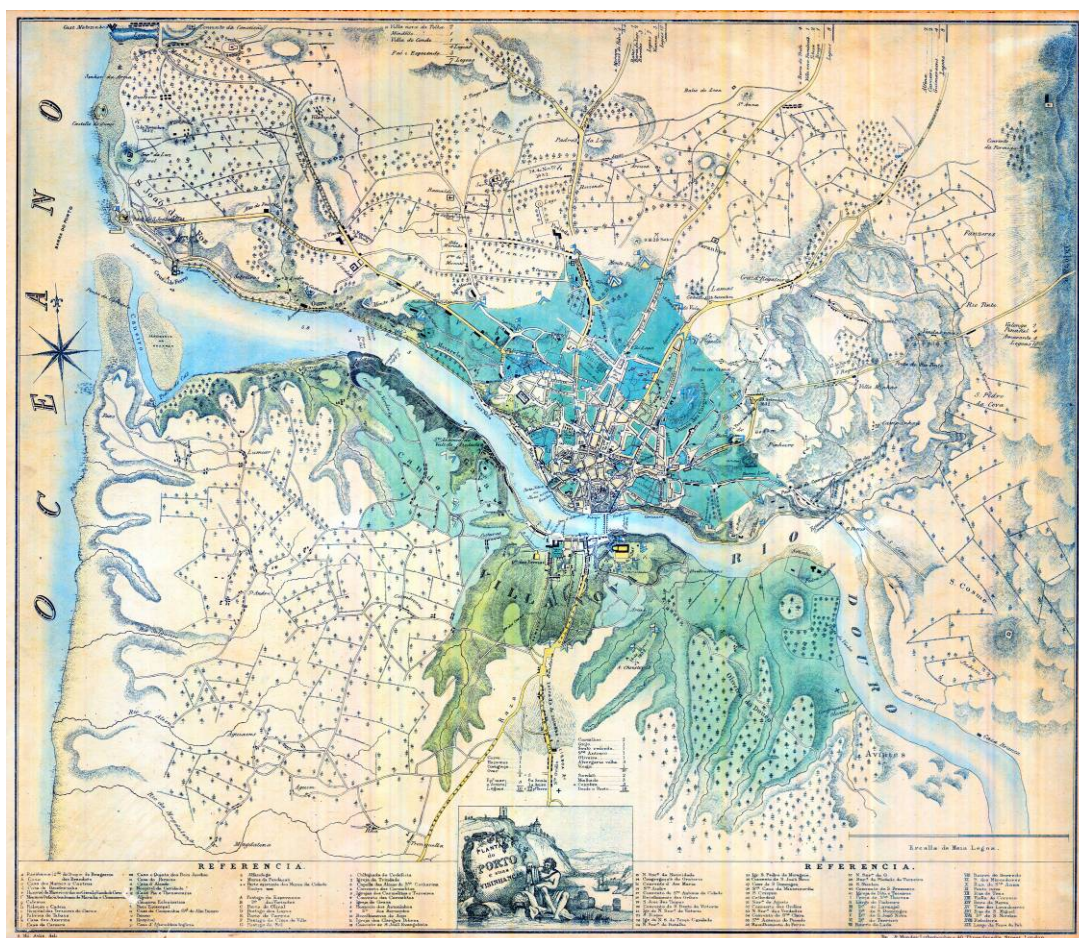


Figura 14. Cartografia antiga da área de Vila Nova de Gaia (*Gaya* e *Villa Nova*) e Porto (data provável do mapa 1832).

3.4. Enquadramento regional

A região de V. N. Gaia (figura 15), localiza-se num domínio geotectónico complexo do Maciço Ibérico (MI), i.e., ao longo da faixa de cisalhamento de Porto – Albergaria-a-Velha – Coimbra – Tomar, com direcção geral NNW – SSE (Chaminé, 2000; Chaminé et al., 2003a; Gomes et al., 2007, Gomes, 2008). O conjunto anterior faz parte do megadomínio de cisalhamento de Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo (Chaminé et al., 2003b; Ribeiro et al., 2007). No MI a evolução tectónica posterior é imposta pela orogenia Alpina (e.g., Ribeiro et al., 1990; Cabral & Ribeiro, 1988, 1989; Cabral, 1995), correspondendo à reactivação das falhas tardi-variscas, a qual, como consequência, estará na origem dos actuais traços morfoestruturais da região. A presença de alguns depósitos plio-quadernários, discordantes sobre o substrato ante-Mesozóico, representa, ou o testemunho do arrasamento do relevo e modelação da superfície do MI ou o entalhe da rede hidrográfica actual e o retoque marinho quadernário no litoral da área (Araújo et al., 2003).

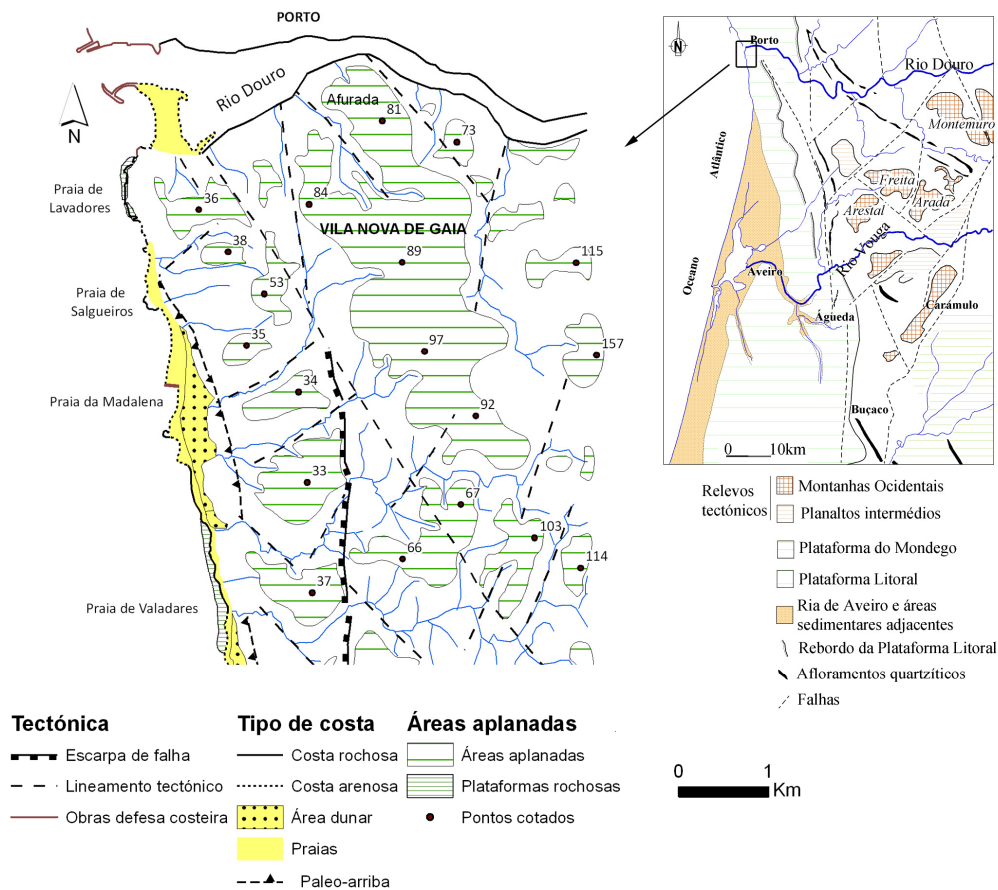


Figura 15. Esboço morfotectónico da região de Vila Nova de Gaia, no quadro regional da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Águeda (adaptado de Araújo et al., 2003; Gomes, 2008).

A geologia da região entre Vila Nova de Gaia e Porto é caracterizada em traços gerais pela dominância de rochas graníticas, maioritariamente granitóides de duas micas, de grão médio e textura granular ou porfiróide. A fácies denominada pelo *granito de Porto* — granito alcalino de duas micas, com predomínio de moscovite, de grão médio, leucocrata (Carrington da Costa & Teixeira, 1957; Almeida, 2001) — aflora em grande parte da cidade de Vila Nova de Gaia, contactando a oeste-sudoeste, com uma série de unidades tectonoestratigráficas de médio a alto grau metamórfico (Chaminé, 2000; Chaminé et al., 2003a). A região de Vila Nova de Gaia apresenta, para além do **granito do Porto** (que localmente poderá tomar a designação de *granito de Santa Marinha*), duas fácies representativas em termos cartográficos, a saber: i) o **granito da Afurada/Arrábida** (granitóide de grão fino, de duas micas, exibindo, em regra, uma foliação tectónica com uma orientação variando entre N80º e N120ºE); ii) o **granito de Lavadores** (granito porfiróide, de grão grosseiro, com megacristais de feldspato e encraves, em geral biotítico; Teixeira, 1970). Aflora, ainda, uma estreita mancha de rochas metassedimentares (constituída por

micaxistos e quartzo-tectonitos), a Oeste da povoação de S. Pedro da Afurada, em aparente continuidade tectonoestratigráfica com a unidade de Lordelo do Ouro (Chaminé et al., 2003a), formada por micaxistos por vezes com granada e distena (Carrington da Costa & Teixeira, 1957), (figura 16).

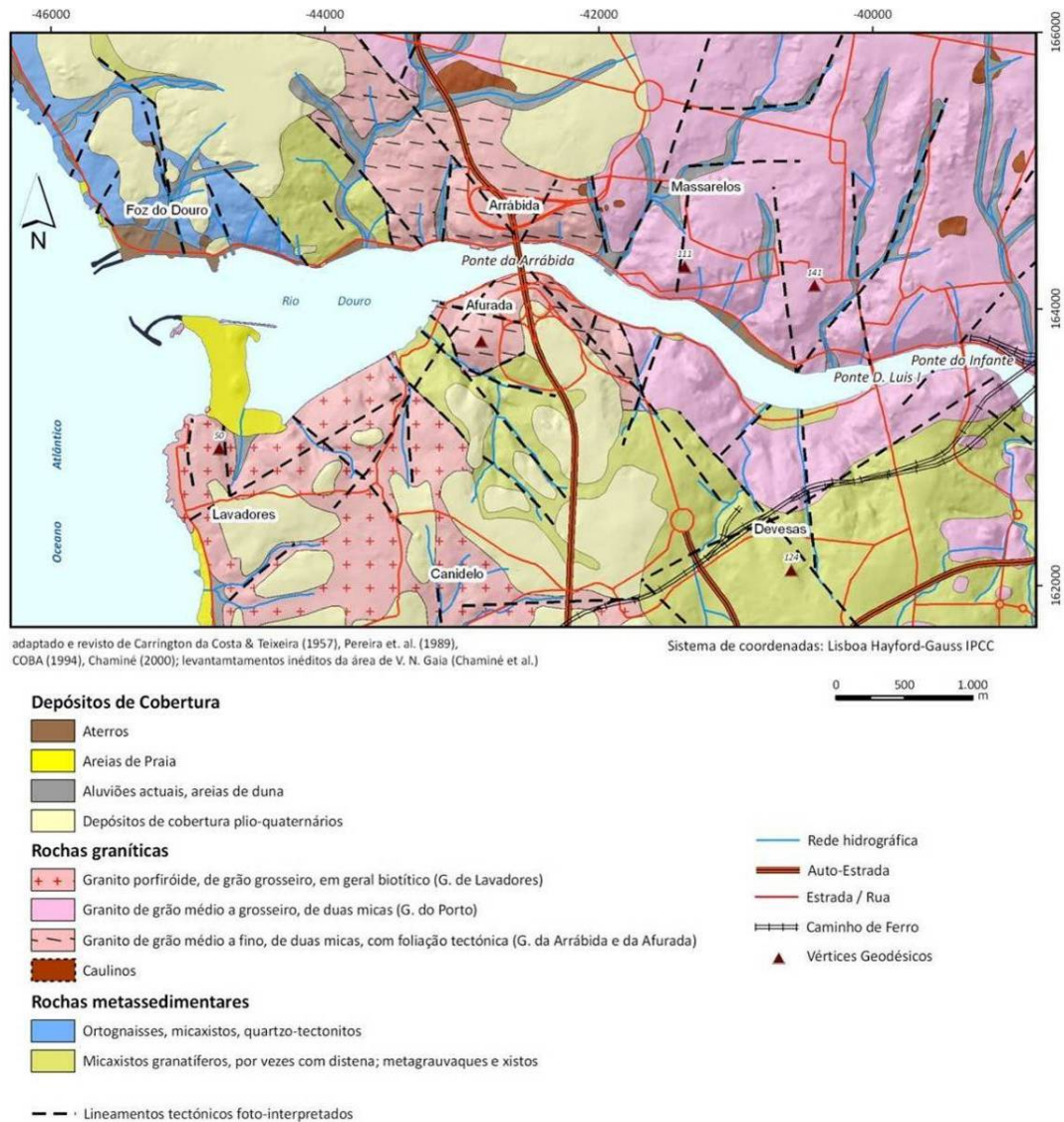


Figura 16. Esboço geológico regional da área a Sul da Foz do Douro.

A geomorfologia da região (figura 17) é constituída por uma zona em geral aplanada, cujos relevos principais ocorrem, segundo um alinhamento NW-SE, desde a área da Arrábida (Porto) e da

Afurada (V. N. Gaia) até à área de Santo Ovídio. Destacam-se, na área em apreço, a colina do v.g. de Afurada (82m), o v.g. de Coimbrões (114m), o v.g. das Devesas (124m) e, um pouco mais afastado dos anteriores, aflora um relevo com alguma proeminência regional, o Monte da Virgem (230m). A região de Vila Nova Gaia apresenta-se assim como uma plataforma relativamente larga que se estende para Norte e desce, suavemente, para o mar a ocidente e a Sul (Araújo et al., 2003). O vale do rio Douro encontra-se instalado nesta plataforma escavando um leito profundo e apertado até à foz, com vertentes íngremes, atingindo localmente os 40° na parte terminal do rio Douro (Arrábida e Afurada), (figura 18).

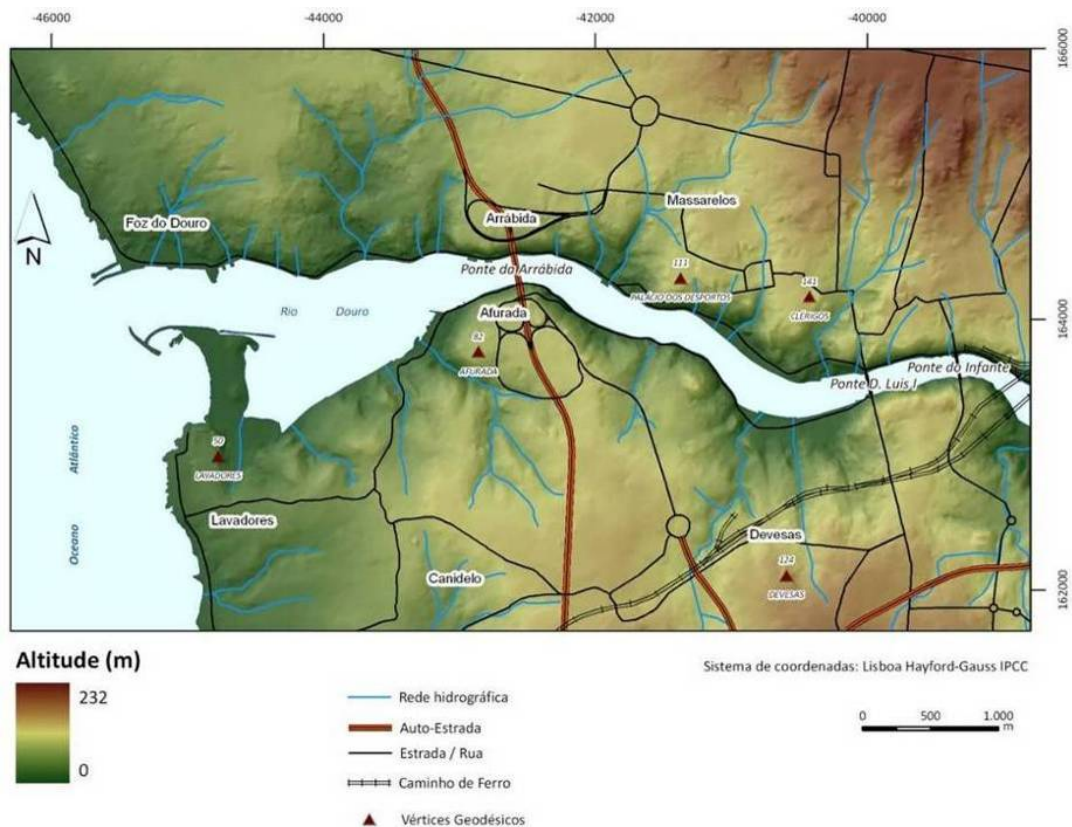


Figura 17. Modelo digital de terreno da área a Sul da Foz do Douro.



Figura 18. Esboço de declives da área a Sul da Foz do Douro.

Sob o ponto de vista hidrogeológico regional, tendo em conta a elevada pluviosidade, a natureza geológica essencialmente granítica, e a apertada rede de diaclases, resulta facilitada a alteração profunda dos maciços (Begonha & Sequeira Braga, 2002) provocando a circulação lenta das águas de infiltração, o que origina as abundantes minas, fontes e poços na região (Afonso et al., 2004).

3.5. Materiais, métodos e técnicas

Este estudo apresenta, numa abordagem multidisciplinar, uma caracterização geológica, geotécnica e geomecânica dos afloramentos rochosos da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia. A caracterização geológico-geotécnica de taludes rochosos com representatividade cartográfica, foi realizada com recurso à técnica da amostragem linear em superfícies (descontinuidades) expostas do maciço para a avaliação do grau de compartimentação e caracterização geotécnica-geomecânica através da aplicação da *Basic Geotechnical Description of Rock Masses* (BGD), proposta pela *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1981) e outras recomendações propostas pela ISRM (1978, 2007), pela *Geological Society Engineering Group Working Party Report* (GSE, 1995), pela *Committee on Fracture Characterization and Fluid Flow* (CFCFF, 1996) e pela *International Association Engineering Geology* (IAEG, 1981a,b,c).

O trabalho envolveu, numa fase inicial, a recolha de informação bibliográfica, cartográfica e aerofotográfica de modo a tomar-se contacto com a geologia e geomorfologia do sector em estudo para apoiar o reconhecimento de superfície. O principal aspecto que poderá levar a que esta tarefa de reconhecimento se verifique mais árdua é a crescente urbanização. O sector em estudo é efectivamente, em alguns locais, uma área fortemente urbanizada e das mais antigas do Concelho de Vila Nova de Gaia. Por tudo isto o reconhecimento de superfície assentou nos poucos afloramentos rochosos existentes na área (figura 19).

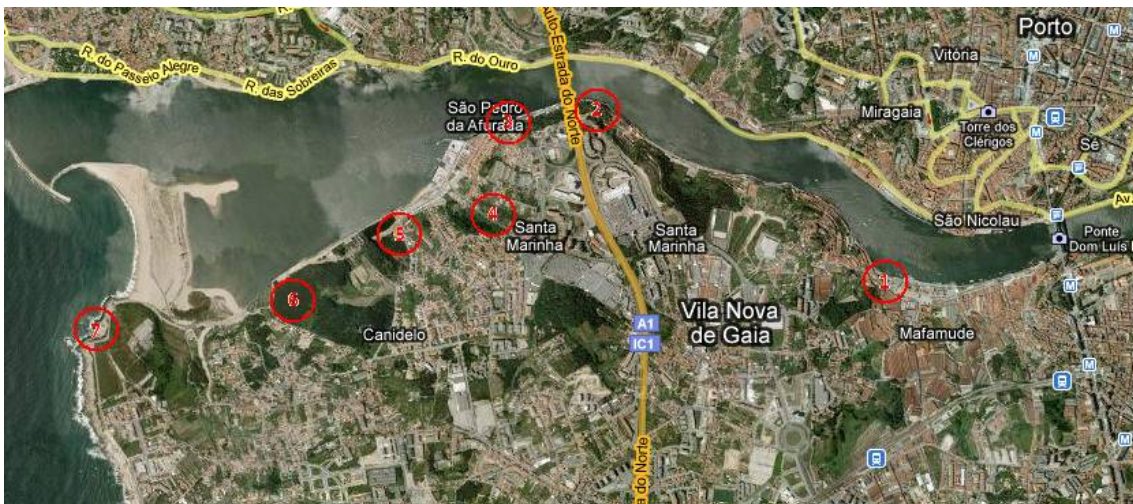


Figura 19. Localização dos afloramentos seleccionados para o presente estudo. (imagem adaptada do Google Earth Pro)

Foram consultadas e analisadas as seguintes bases topográficas: i) folha 122, IGeoE, Carta Militar de Portugal, ii) base altimétrica e planimétrica e ortofotomapas, à escala 1/5.000, da Câmara Municipal de Gaia, de 2009 e 2005, respectivamente. Em relação à cartografia geológica fundamental (em particular, litologia e estrutura) e geotécnica, procedeu-se ao reconhecimento de terreno e à elaboração de minutas de cartografia geológica de pormenor. Posteriormente, em gabinete, efectuou-se a vectorização, adaptação e revisão de toda a informação das cartografias geológica e geotécnica, em especial a proveniente de Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et al. (1989) e Chaminé (2000). Foi tida em consideração a análise da cartografia da margem direita do Rio Douro (Cidade do Porto) produzida pela COBA (1994, 2003).

A recolha de dados de prospecção geológica, geotécnica e mecânica e outra relevante foi de difícil acesso por parte da maioria das instituições, empresas públicas e/ou privadas. Todavia, tal como foi referido no capítulo 1 está em curso a assinatura de protocolos com algumas empresas que mostraram disponibilidade para apoiar a linha temática desta investigação.

Não sendo possível, na prática, estudar exaustivamente o estado de compartimentação do maciço de toda a área em estudo, a solução passou por aplicar a técnica de amostragem linear (e.g., ISRM, 1978, 1981; Dinis da Gama, 1995; Chaminé & Gaspar, 1995; Martins et al., 2006), nos taludes que constituem os afloramentos acima referidos. Assim sendo, colocou-se uma fita graduada (em metros), a uma altura variável do solo, entre 1,15m e 1,40m, em todos os taludes estudados, à excepção do afloramento 7 (praia de Lavadores), em que houve a necessidade de colocar a fita directamente do maciço rochoso. Foram cartografadas e compiladas de uma forma sistemática todas as descontinuidades (diaclasses, falhas, estruturas filoneanas, ...) que intersectavam essa linha de amostragem. Também foi utilizado o esclerómetro portátil para estimar o valor de resistência à compressão simples nas descontinuidades e, sempre que possível, no material-rocha do maciço. Estes ensaios “in situ” foram executados com um espaçamento na ordem dos $3,00 \pm 0,5$ m nas descontinuidades, enquanto no material-rocha (maciço) a distância foi de $5,00 \pm 0,5$ m. No total foram compilados 1.369 planos de descontinuidades e realizadas 230 estações geomecânicas, 153 nas descontinuidades e 77 estações no material-rocha dos maciços, para o ensaio esclerométrico (o que implicou a execução de 2.300 disparos com o *martelo de Schmidt*), durante os meses de Maio e Julho de 2009.

Toda a informação de campo foi uniformizada e sistematizada recorrendo a uma base de dados dinâmica designada por *ScanData-BGD* (figuras 20, 21 e anexo I). A *ScanData-BGD* (Fonseca, 2008; Ramos, 2008) sistematiza os parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos permitindo efectuar um cruzamento exaustivo de toda a informação e a interpretação de todos os dados geológicos, geotécnicos e geomecânicos de modo a apoiar o estabelecimento duma proposta de

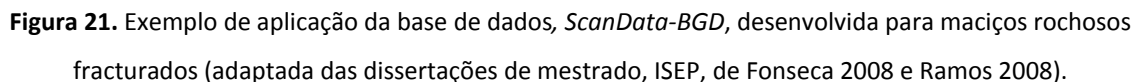
zonamento geotécnico de um dado maciço rochoso. Nos levantamentos dos dados geológico-geotécnicos de campo recorreu-se ao posicionamento georreferenciado dos dados com um apoio de um GPS de alta precisão (*Trimble Geoexplorer*) do LABCARGA-ISEP.

Numa fase posterior, foram caracterizados e tratados estatisticamente, de forma exploratória, todos os parâmetros geológicos, geotécnicos e geomecânicos, tendo-se ainda recorrido ao programa geo-informático *Dips version 5.1 (RocScience)*, para a definição das principais famílias de descontinuidades e na digitalização da informação geológica-geotécnica recorreu-se ao software da *ESRI ArcGis version 9.3* (Booth, 2000; Burke et al., 2001).

Foram também inventariados todos os pontos de água subterrânea que surgem ao longo da faixa em estudo. Para tal, recorreu-se a um medidor multi-paramétrico, correntemente utilizado em hidrogeologia, da marca *Hanna*, que permite recolher dados relativos ao pH, temperatura e condutividade eléctrica. Para além destes dados, foram também registadas informações, sempre que possível, referentes ao caudal, qualidade da água e sua utilização. Estes dados, entre outros, foram registados e apresentam-se numa ficha de inventário hidrogeológico produzida para o efeito.

ESTACÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATTITUDE		GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE,			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, REBOUND, R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			Direcção	Inclinação	W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
					Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Moderadamente Alterada	Rocha Muito e Completamente Alterada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	(m)	N	(°)	E	(°)	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Figura 20. Exemplo de compilação e uniformização dos ensaios “in situ” com o esclerómetro portátil (folha de registo adaptada das dissertações de mestrado, ISEP, de Fonseca 2008 e Ramos 2008).



3.6. Caracterização de factores: esboços cartográficos preliminares

3.6.1. Generalidades

Neste capítulo apresenta-se uma breve descrição dos principais critérios utilizados na caracterização e no esboço da cartografia dos factores considerados importantes para a elaboração de uma proposta preliminar da cartografia de susceptibilidade geotécnica de síntese. Tal como foi referido no capítulo 1, a abordagem assumida na investigação geotécnica urbana visa, essencialmente, preparar as bases metodológicas para uma futura carta geotécnica da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia. Serão seguidas as recomendações e o espírito da cartografia geotécnica em meio urbano publicada em Portugal sobre esta temática (e.g., Oliveira & Gomes Coelho, 1974; Gomes Coelho, 1980; Carminé Teixeira, 1994; Oliveira et al., 1995; Silva, 2004; Silva & Rodrigues Carvalho, 2006; Afonso et al., 2006; Oliveira et al., 2006) e das edições das notícias explicativas da Carta Geotécnica do Porto (COBA, 1994, 2003).

A importância de Vila Nova de Gaia como a terceira maior cidade portuguesa e como centro de intensa actividade económica e cultural conduz a uma constante necessidade de expansão. O aumento da densidade populacional acarreta a realização de projectos complexos de engenharia, utilizando o subsolo para a construção e, frequentemente, em terrenos com características geotécnicas desfavoráveis. Estes factos, associados à escassez de estudos científicos recentes de natureza geológica, geomorfológica e geotécnica em Vila Nova de Gaia, justificam o estudo preliminar de geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia, na margem esquerda do Rio Douro.

Tal como refere COBA (2003), apesar de nas cartas geotécnicas se apresentar a caracterização e o zonamento dos terrenos, tais documentos não substituem nem dispensam, em caso algum, a necessidade de se efectuarem estudos geológico-geotécnicos de pormenor sobretudo quando se pretende proceder à realização do projecto de qualquer obra.

Os factores cartografados são fundamentalmente de duas categorias, a saber:

- Os que estão directamente associados ao ambiente geodinâmico (geologia, geomorfologia, tectónica);
- Os que são de alguma forma imprescindíveis à caracterização do zonamento geotécnico, bem como à avaliação da sua aptidão à construção. Para o efeito, consideram-se aspectos variados tais como: condições da rede de drenagem superficial, águas subterrâneas, potenciais focos de contaminação, etc.

Na carta de factores (ou analíticas) representa-se um ou mais tipo de dados ou fenómenos (factores) considerados relevantes para um dado trabalho. A escolha dos factores a representar é função do tipo de zona a estudar e daqueles que se consideraram mais relevantes tendo em conta as características do meio urbano. As cartas síntese representam as principais características síntese de um dado meio urbano, do ponto de vista geotécnico e de condicionantes dos respectivos terrenos para a construção. Trata-se de cartas elaboradas a partir da interpretação conjunta de factores analisados à luz de critérios pré-estabelecidos e num sistema multi-critério. A escala utilizada na representação gráfica final da informação dos esboços cartográficos foi 1:15.000 tendo-se partido de uma escala de trabalho 1:5.000. Segundo a IAEG (1981a,b) trata-se de uma escala grande, adequada à área e tipo de informação existente no caso da Cidade do Gaia.

A metodologia de trabalho de toda a cartografia aplicada foi representada num Sistema de Informação Geográfica, tornando os esboços cartográficos da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia num documento extremamente versátil, de fácil manuseamento e consulta, bem como de simples actualização à medida que se vão obtendo mais informações. Este último aspecto é de capital importância pois permitirá manter sempre actualizado um documento dinâmico que de outra forma se tornaria incompleto, desactualizado e obsoleto ao fim de algum tempo. Neste momento, iniciou-se, no âmbito de uma outra dissertação de mestrado EGG|ISEP, a compilação, a revisão, a sistematização de toda a informação e a criação de uma base dados dinâmica¹. Assim, toda a cartografia de factores apresentada tem de ser encarada como preliminar e exploratória e, por isso, tomou a designação de “esboço cartográfico” a uma escala de base 1:15.000 e apenas se apresenta um esboço de carta de síntese relacionada com a susceptibilidade da qualidade geotécnica dos terrenos da área estudada. Nesta fase não se avançou, pelas razões referidas, com uma proposta, mesmo que preliminar, da “carta geotécnica da zona ribeirinha de Gaia”.

¹ Tal como foi referido no capítulo 1 não foi possível em tempo útil celebrar formalmente protocolos de cooperação técnico-científica com uma série de empresas de projecto geotecnia e de obra, a despeito da total concordância de várias empresas contactadas na partilha de elementos de carácter geológico-geotécnico e, em particular, de informação de prospecção geofísica, prospecção mecânica e ensaios geotécnicos “in situ”.

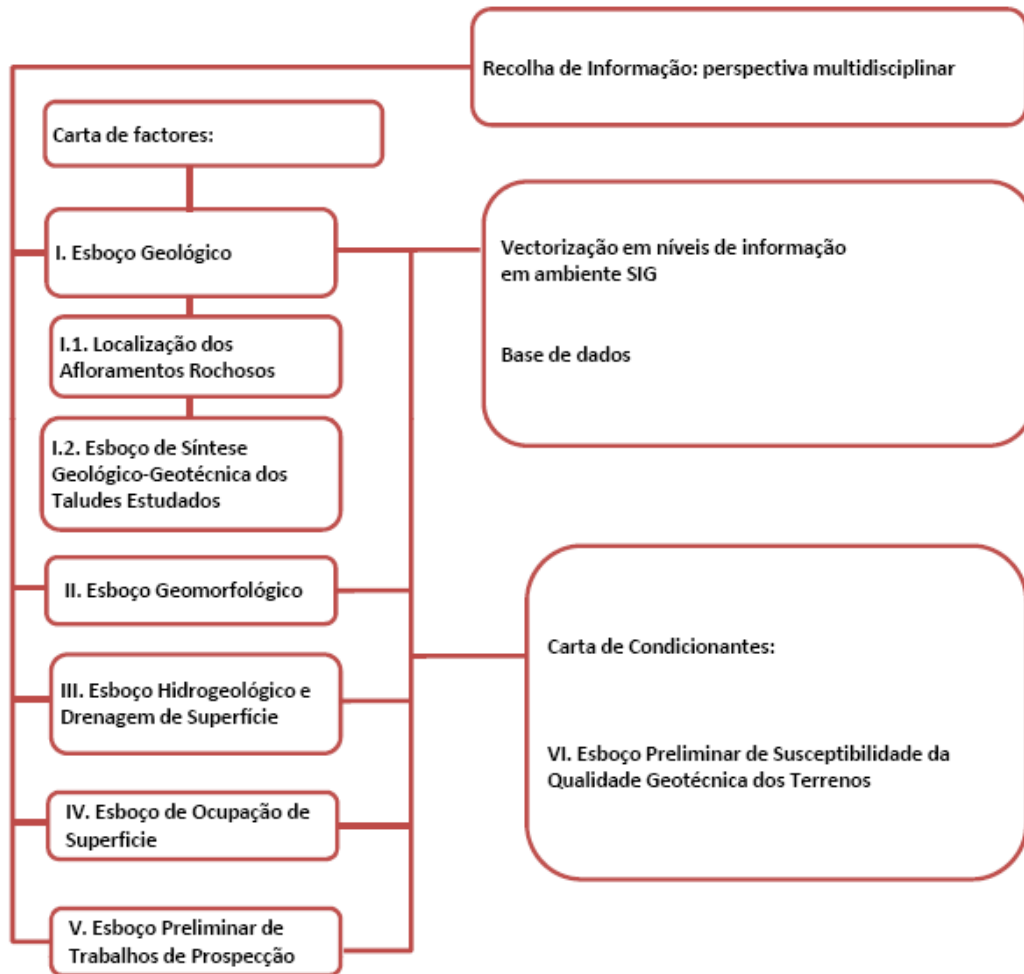


Figura 22. Tipologia dos esboços cartográficos elaborados nesta dissertação para o estudo geotécnico urbano da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia.

3.6.2. Esboço geológico

Da área cartografada distinguiram-se três tipos de unidades geológicas: i) depósitos de cobertura (plio-pistocénicos a recente); ii) rochas metassedimentares, iii) granitóides. A descrição geológica efectuada anteriormente relativa ao quadro geológico regional mantém-se na sua essência nas unidades geológicas locais, bem como todo o quadro geotectónico (pormenores em Chaminé, 2000; Chaminé et al., 2003 a, b). O anexo II apresenta o esboço geológico da zona ribeirinha de Gaia.

As unidades geológicas locais são as seguintes: i) Depósitos de cobertura; ii) Fácies graníticas: granito do Porto (que localmente poderá tomar a designação de **granito de Santa Marinha**) –

granito de duas micas, com predomínio de moscovite, de grão médio, por vezes ligeiramente orientado tectonicamente; **granito da Afurada/Arrábida** – granitóide de grão fino, de duas micas, exibindo, em regra, uma foliação tectónica bem marcada com uma orientação variando entre N80º e N120ºE; **granito de Lavadores** – granito porfiróide, em geral biotítico, de grão grosseiro, com megacristais de feldspato e encraves; iii) rochas metassedimentares – micaxistos, xistos luzentes e quartzo-tectonitos; iv) rochas filonianas – filões aplito-pegmatíticos e/ou filonetes de quartzo leitoso, com possanças que não ultrapassam os 50cm que se encontram, em regra, muito tectonizados

3.6.3. Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos dos afloramentos rochosos estudados: apresentação, descrição e caracterização

Na tentativa de caracterizar geotecnicamente a zona ribeirinha urbana do município de Vila Nova de Gaia, desde o Cais de Gaia até a praia de Lavadores, seleccionou-se uma série de locais para estudos de pormenor. O presente estudo assentou em sete (7) afloramentos rochosos para o estudo de pormenor e um estudo regional para a zona ribeirinha supracitada (consultar anexo I.I). De seguida apresenta-se a caracterização dos parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos relativos a cada afloramento.

3.6.3.1. Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo

O afloramento 1 localiza-se na Rua Dr. António Granjo (muito próximo à rotunda do cais de Gaia) sendo constituído por um talude rochoso com uma extensão de 28m e com uma orientação geral de N10ºE (Figuras 23 e 24, Anexo I.II).

Neste talude foram registadas 83 discontinuidades e realizadas 15 estações geomecânicas (ensaio esclerométrico), das quais 10 foram nos planos de discontinuidade e as restantes 5 no material-rocha do maciço. Quanto à litologia, está-se na presença de um granito de grão médio, de duas micas, onde se observa uma foliação N100ºE. De salientar que o maciço rochoso se encontra superficialmente algo arenizado.



Figura 23. Localização do Afloramento 1 (imagem adaptada do Google Earth Pro).



Figura 24. Aspecto geral do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

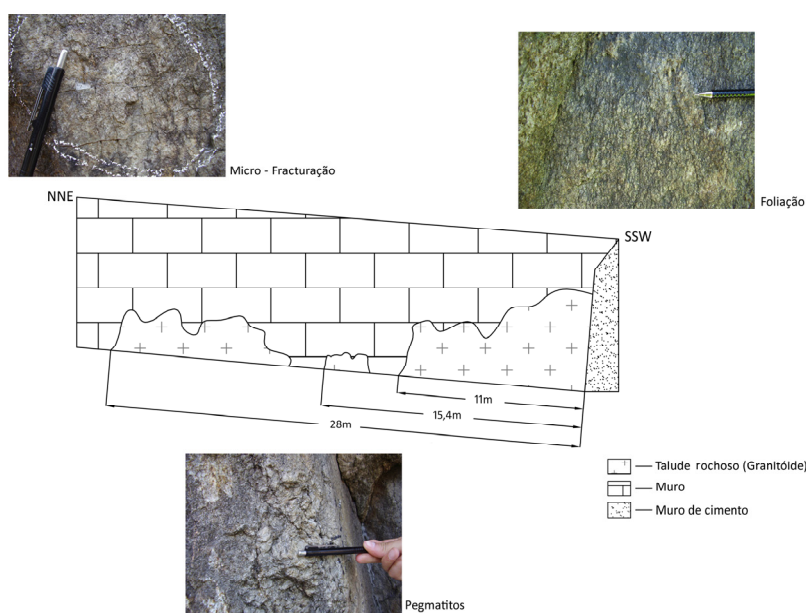


Figura 25. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentada uma síntese das principais características geológico-geotécnicas e geomecânicas do afloramento 1 (Quadro 17).

Quadro 17. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos do talude do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF1					
Grau Alteração	W ₁₋₂		W ₃	W ₄₋₅		
	-		100%	-		
Estado de fracturação						
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diaclase			
	13,25%		86,75%			
Famílias Principais	N 20°-40° E → 60°-80° NE		N 40°-60° E → 60°-80° NE		N 100°-120° E → 65°-85°NW	
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	
	89,16%		2,41%		8,43%	
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	
	12,05%		32,53%		55,42%	
Continuidade	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.	
	92,77%	7,23%	-	-	-	
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura	
	42,17%		27,71%		30,12%	
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	
	65,06%		28,92%		6,02%	
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	
	53,01%		40,96%		6,02%	
Enchimento	Quartzo		Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	2,41%		-	8,43%	3,61%	85,54%
P. Água	Sim		Não			
	-		100,00%			
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
Descontinuidades	-	40,00%	60,00%	-	-	
Maciço	-	40,00%	60,00%	-	-	

Grau de Alteração

Segundo a classificação da ISRM (1978, 1981) e da GSE (1995), o grau de alteração do maciço cartografado recai na classificação W₃, i.e., um maciço moderadamente alterado.

Estado da Fracturação

Os diagramas geológico-estruturais (diagrama de contorno estrutural e diagrama de rosetas), permitiram a definição do número de famílias de descontinuidades e, sobretudo, a definição das famílias dominantes, atitude principal, espaçamento e persistência. Como se pode constatar pela observação da figura 26, as 83 descontinuidades correspondem, na sua maioria (ca. 87%), a diaclases, ocorrendo ainda, uma baixa percentagem (ca. 13%) de falhas.

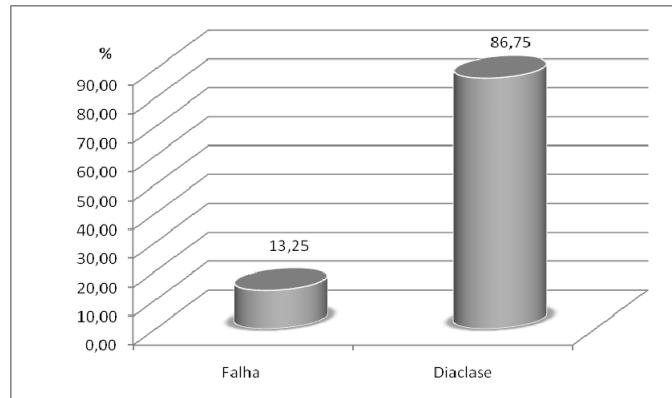


Figura 26. Tipos de descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

A análise dos diagramas estruturais (figura 27) apresentados, permitem-nos constatar que as descontinuidades se concentram em três famílias principais de descontinuidades: a família N20°-40°E, com inclinações que oscilam entre 60°-80° para o quadrante NW; a família N40°-60°E com inclinações que oscilam entre 60°-80° para o quadrante NW e a família N100°-120°E, cujas inclinações oscilam entre 65°-85° para o quadrante NE.

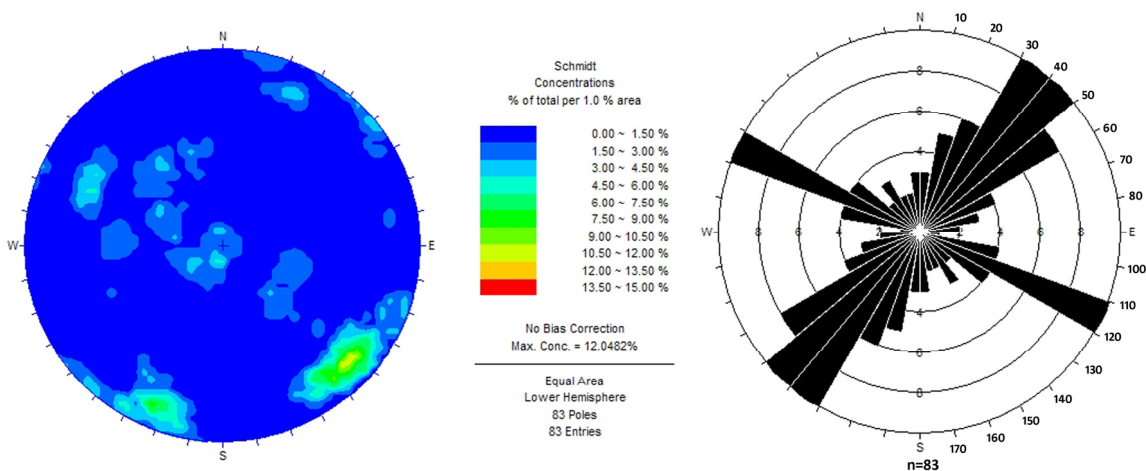


Figura 27. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=83) do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Abertura

Neste talude as descontinuidades apresentam-se, maioritariamente com aberturas inferiores a 0.5mm, designando-se como fechadas (ca. 89%). Seguem-se, com cerca de 8%, as descontinuidades muito abertas (aberturas superiores a 10mm) e, numa percentagem reduzida (ca. 2%), descontinuidades abertas (aberturas entre 0,5 e 10 mm), como se pode ver pela figura 28.

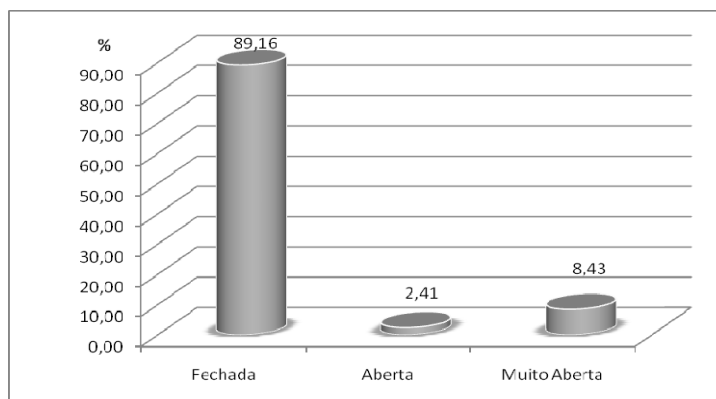


Figura 28. Abertura das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Verifica-se, pela observação da figura 29, que as descontinuidades apresentam, maioritariamente (ca. 55%), um espaçamento próximo (F_{4-5}), de acordo com os critérios da ISRM (1978, 1981) inferior a 20cm. No entanto, a percentagem de descontinuidades medianamente afastadas (F_3) é significativa (ca. 32%), com um valor menos expressivo (ca. 12%), mas não menos importante, surgem as descontinuidades do tipo F_{1-2} , descontinuidades afastadas, pelo que o valor médio global relativo a todo o maciço é de 34 cm.

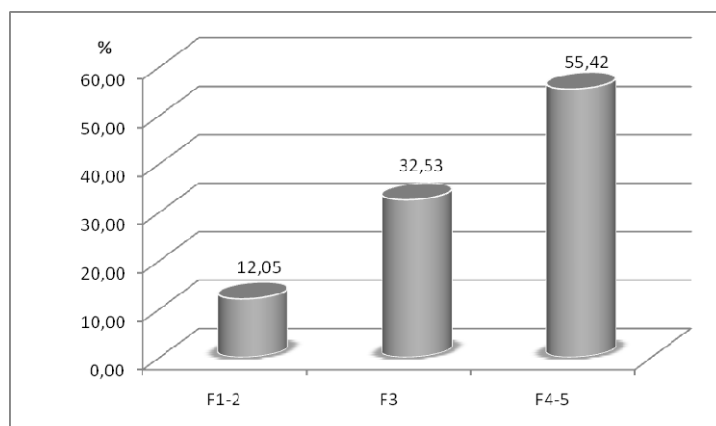


Figura 29. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Continuidade

No que respeita à continuidade das descontinuidades, a qual é reflectida pelo semi-comprimento, estas apresentam-se na sua grande maioria (ca. 93%), muito pouco contínuas, i.e. com um comprimento inferior a 1m (figura 30), e os restantes planos (ca. 7%) com um comprimento entre 1 e 3m.

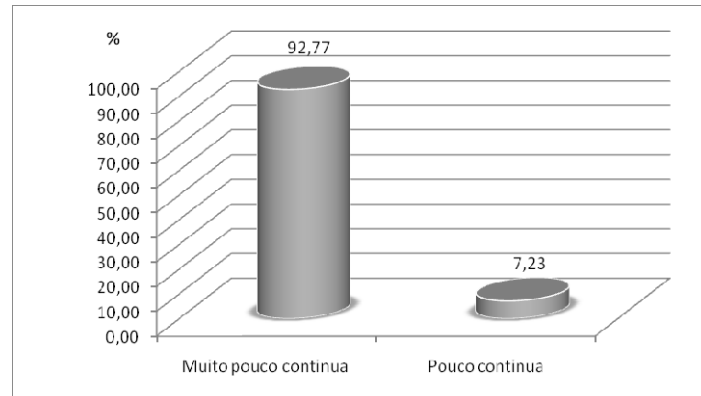


Figura 30. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Terminação

O tipo de terminação das descontinuidades distribui-se pelos três tipos (R-Rocha, D-Descontinuidade, O-Obscura) propostos pela ISRM (1978, 1981), no entanto a terminação em rocha (R) aparece com uma percentagem superior (*ca.* 42%), como se pode ver pela figura 31.

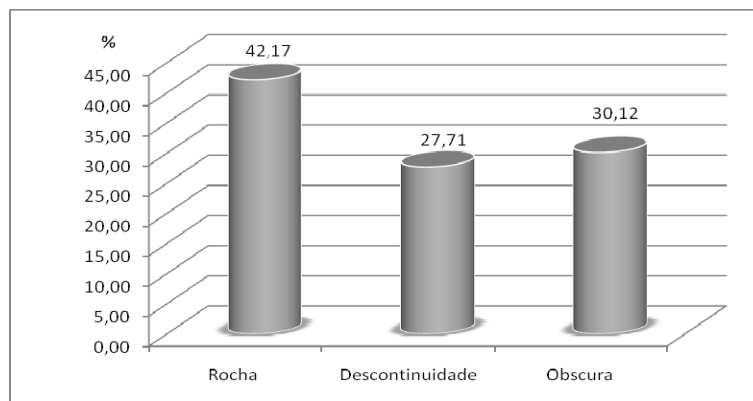


Figura 31. Terminação das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Curvatura

A análise da figura 32 permite constatar que a curvatura das descontinuidades é, na sua maioria (*ca.* 65%), do tipo C_{1-2} , pelo que estas se classificam como planas. Ocorrem ainda, numa percentagem significativa (*ca.* 29%), descontinuidades algo curvas (C_3) e por fim (*ca.* 6%), muito curvas.

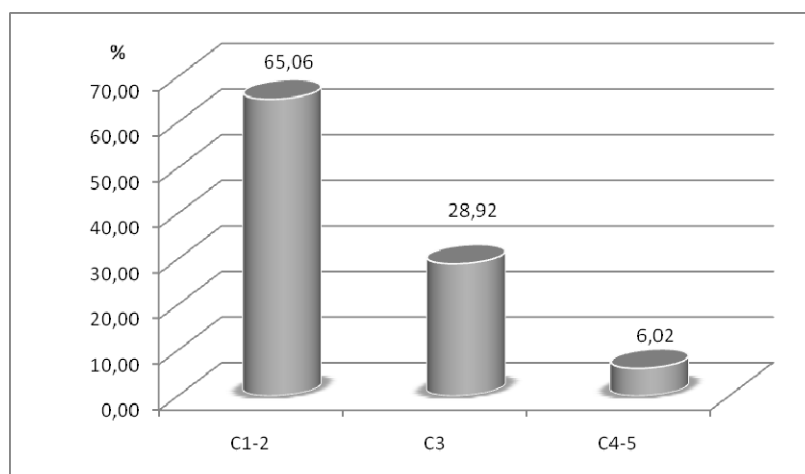


Figura 32. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

A rugosidade predominante (*ca.* 53%) é do tipo R_{1-2} (lisa a algo rugosa), correspondendo a uma rugosidade em que as paredes das descontinuidades são praticamente lisas. Ocorrem, também, descontinuidades algo rugosas (R_3), com uma percentagem bastante expressiva (*ca.* 41%), que correspondem às estruturas que não são lisas, mas também não apresentam estruturas fibrosas que possam impedir ou facilitar a movimentação relativa de blocos (figura 33). Numa percentagem bastante inferior (*ca.* 6%), aparecem descontinuidades muito rugosas (R_{4-5}).

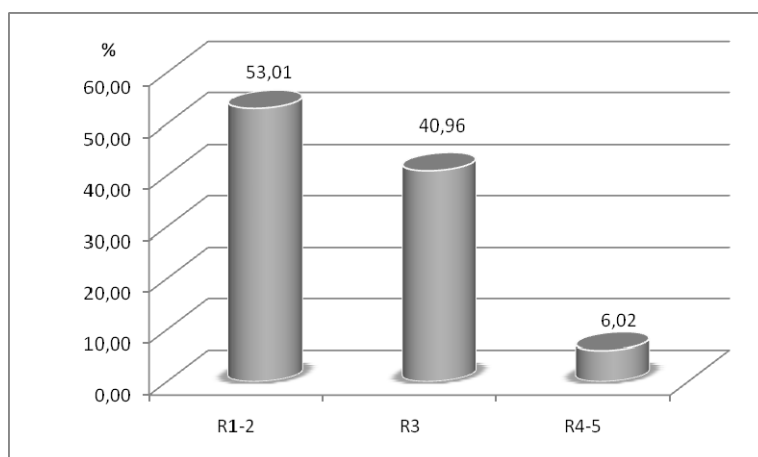


Figura 33. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Enchimento

A maioria das descontinuidades (ca. 86%), por se apresentarem fechadas, não tem qualquer enchimento, no entanto, quando existe, este é na sua maioria, rocha esmagada (ca. 8%), vegetação/raízes/matéria orgânica (ca. 4%) e quartzo (ca. 2%) (figura 34).

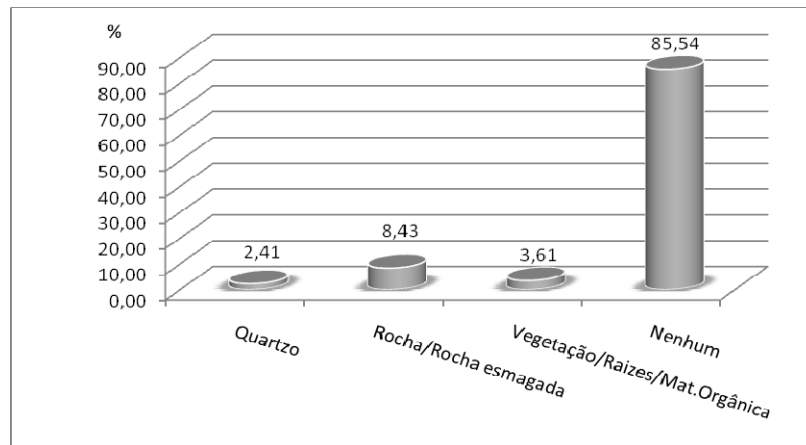


Figura 34. - Enchimento das descontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Talvez pelo facto de os trabalhos de campo se terem desenvolvido no Verão, e consequentemente, com baixa pluviosidade e o nível freático não estar próximo à superfície dos terrenos, todas as descontinuidades se apresentavam completamente secas.

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

Os valores da resistência à compressão distribuem-se apenas por dois tipos, S_2 (resistência elevada), entre 60 e 200MPa (40%) e S_3 (resistência média), entre 20 e 60MPa (60%), tal como demonstra a figura 35.

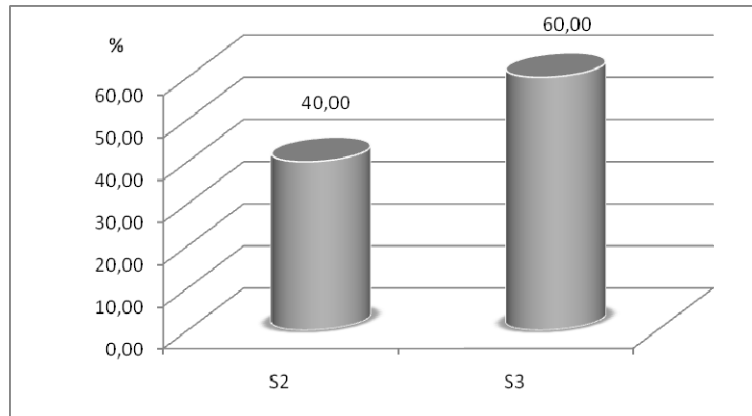


Figura 35. Resistência à compressão simples das discontinuidades do Afloramento 1 – Rua Dr. António Granjo (Santa Marinha, Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (material-rocha)

Também, os valores de resistência oferecidos pelo material-rocha do maciço, se distribuem da mesma forma dos valores de resistência obtidos nas paredes das discontinuidades, ou seja, do tipo S_2 (entre 60 e 200MPa; ca. 40%) e S_3 (entre 20 e 60MPa; ca. 60%).

3.6.3.2. Afloramento 2 – Cais Lugan

O afloramento 2, localizado no Cais Lugan (figura 36 e 37, Anexo I.III), é constituído por apenas um talude com uma extensão de 156,40m, que na sua maioria se apresenta em maciço rochoso. No entanto, este encontra-se intercalado, por zonas onde o maciço se encontra coberto por terra vegetal com algumas pedras e grandes raízes resultantes da vegetação local. Pelo facto de a rua descrever uma curva, o talude possui uma orientação que varia de N93°E a N150°E. Neste talude foram registadas 311 discontinuidades e realizadas 50 estações geomecânicas (ensaio esclerométrico), das quais 32 foram nos planos de discontinuidade e as restantes 18 foram no material-rocha do maciço. Quanto à litologia, está-se na presença de um granito, de grão fino a médio, moscovítico, com uma foliação tectónica bem marcada de azimute N135°E.

Em algumas zonas, pode-se considerar que o talude se encontra um pouco instável, com blocos de dimensões consideráveis a apresentarem uma movimentação bem evidente. Neste sector registam-se dois casos de blocos completamente soltos e com um grande assentamento diferencial significativo (figura 38).

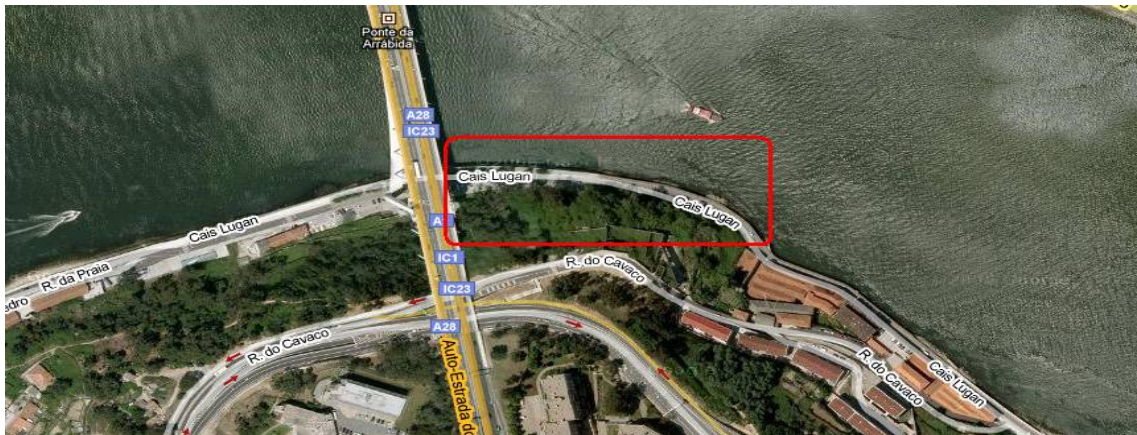


Figura 36. Localização do Afloramento 2 (imagem adaptada do *Google Earth Pro*).



Figura 37. Diversos aspectos do Afloramento 2 - Cais Lagan (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).

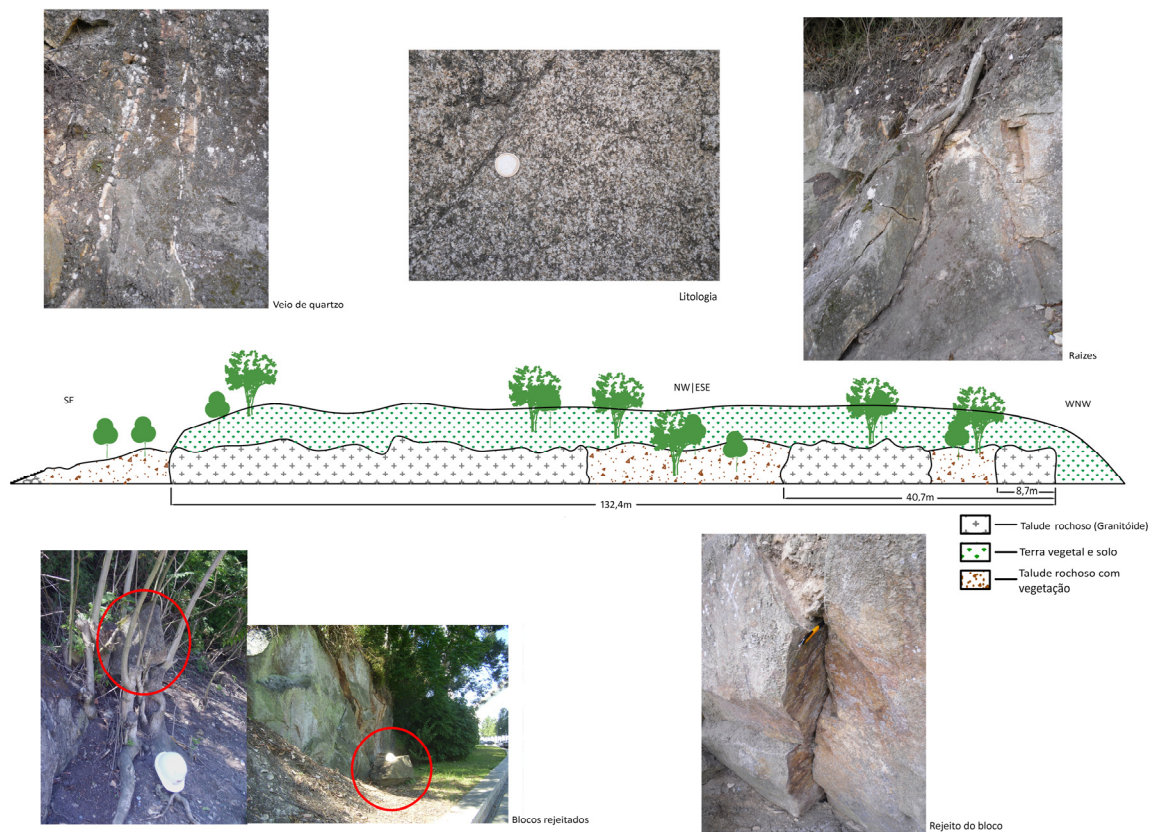


Figura 38. – Perfil esquemático interpretativo e algumas características do Afloramento 2 - Cais Luga (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características para o afloramento 2 (Quadro 18).

Quadro 18. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos do talude que constitui o Afloramento 2- Cais Luga (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF2						
Grau Alteração	W ₁₋₂			W ₃		W ₄₋₅	
	7,40%			92,60%		-	
Estado de fracturação							
Tipo de Descontinuidade	Falha				Diacalse		
	22,19%				77,81%		
Famílias Principais	N 0°-20° E → 65°-85° SE			N 20°-40° E → 65°-85° SE		N 110°-130° E → 75°-90° NE	
Abertura	Fechada			Aberta	Diacalse	Mt. Aberta	
	71,06%			21,54%		7,40%	
Espaçamento	F ₁₋₂			F ₃	F ₄₋₅	F ₄₋₅	
	13,18%			29,90%		56,91%	
Continuidade	M.P. Cont.		P. Cont.	P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.
	32,80%		61,09%		6,11%	-	-
Terminação	Rocha		Descont.	Descont.	Obscura	Obscura	
	20,26%			48,55%		31,19%	
Curvatura	C ₁₋₂			C ₃	C ₄₋₅	C ₄₋₅	
	60,13%			30,87%		9,00%	
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃	R ₃		R ₄₋₅	
	26,37%			58,84%		14,79%	
Enchimento	Quartzo		Argila		R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	2,57%		3,22%		1,29%	3,22%	89,71%
P. Água	Sim			Não		Não	
	-			-		100,00%	
R. Comp. Simples	S ₁		S ₂	S ₃	S ₃	S ₄	S ₅
Descontinuidades	3,13%		78,13%		18,77%	-	-
Maciço	-		88,33%		16,67%	-	-

Grau de alteração

Neste talude o maciço apresenta-se, na sua maioria (ca. 93%), medianamente alterado (W_3), ocorrendo ainda, numa percentagem pouco relevante (ca. 7%), são a pouco alterado (W_{1-2}), como se pode verificar pela figura 39.

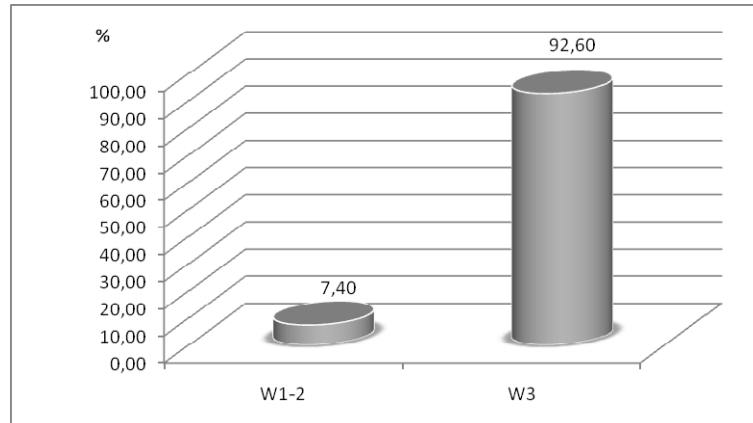


Figura 39. Grau de alteração do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).

Estado da fracturação

A maioria (ca. 79%) das 311 descontinuidades registadas corresponde a diaclases. (figura 40).

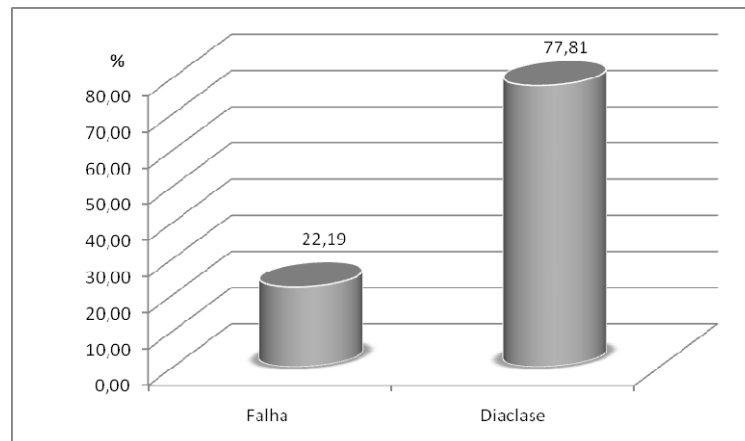


Figura 40. Tipos de descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

As famílias principais deste talude são a família $N0^{\circ}$ - $20^{\circ}E$, com inclinações entre 65° - 85° para o quadrante SE, a família $N20^{\circ}$ - $40^{\circ}E$, com inclinações entre 65° - 85° para o quadrante SE e a família $N110^{\circ}$ - $130^{\circ}E$, com inclinações entre 75° - 90° para o quadrante NE (figura 41).

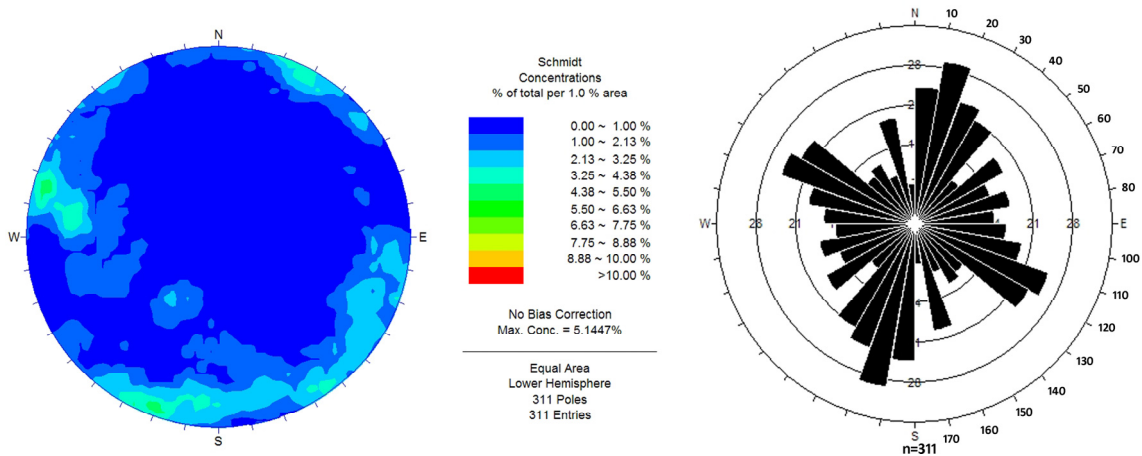


Figura 41. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=311) do Afloramento 2 – Cais Luga (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Abertura

Em termos de abertura, as descontinuidades ocorrem na sua maioria (ca. 71%) fechadas, ou seja com aberturas inferiores a 0,5 mm. Contudo, cerca de 22% encontram-se abertas e cerca de 7% muito abertas (figura 42).

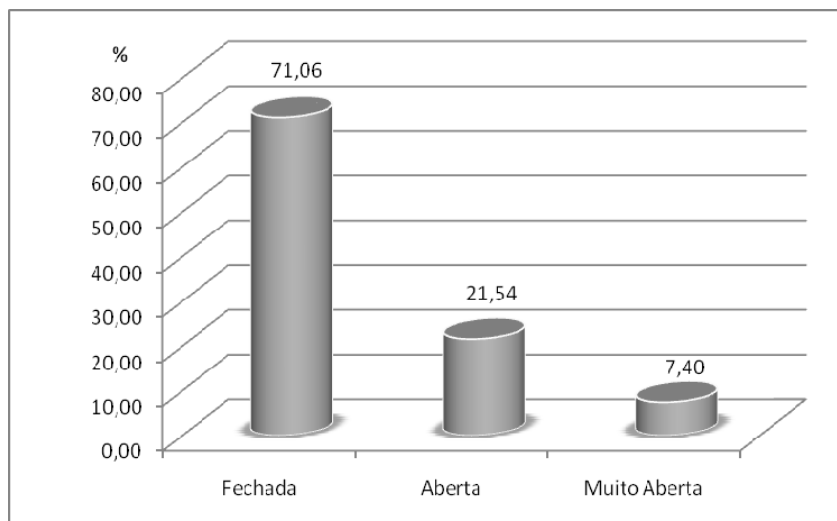


Figura 42. Abertura das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Luga (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Relativamente ao espaçamento, este é, na maior parte dos casos (ca. 57%), inferior a 20cm, classificando-se como próximo (F_{4-5}). Não é, no entanto, de descurar a percentagem (ca. 30%) que aparece com espaçamentos F_3 , i.e., medianamente afastados (figura 43).

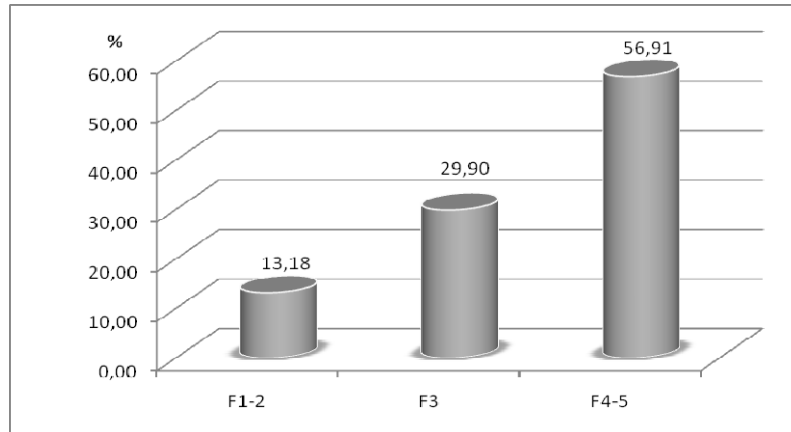


Figura 43. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Relativamente à continuidade, as descontinuidades deste talude são, maioritariamente (*ca.* 61%), pouco contínuas, ou seja, com comprimento entre 1m e 3m. Ocorre, no entanto, uma percentagem relevante (*ca.* 33%) de descontinuidades muito pouco contínuas (figura 44).

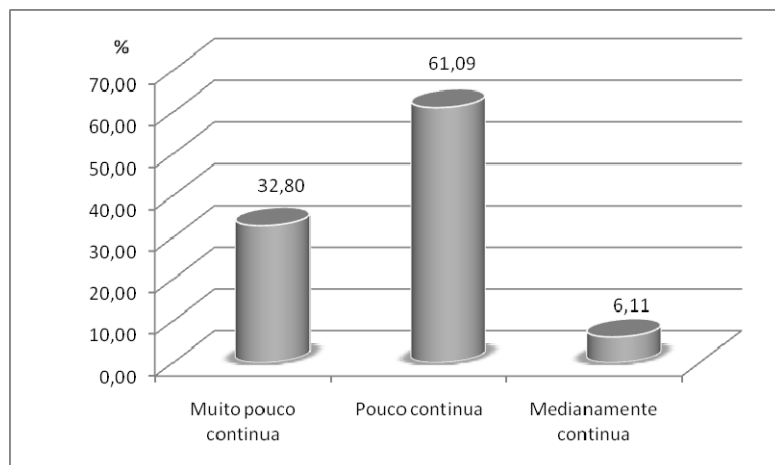


Figura 44. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Terminação

A terminação em “descontinuidade” é a que apresenta uma percentagem mais elevada (*ca.* 49%). No entanto, também são de salientar as terminações “obscura” (*ca.* 31%) e em “rocha” (*ca.* 20%) (figura 45).

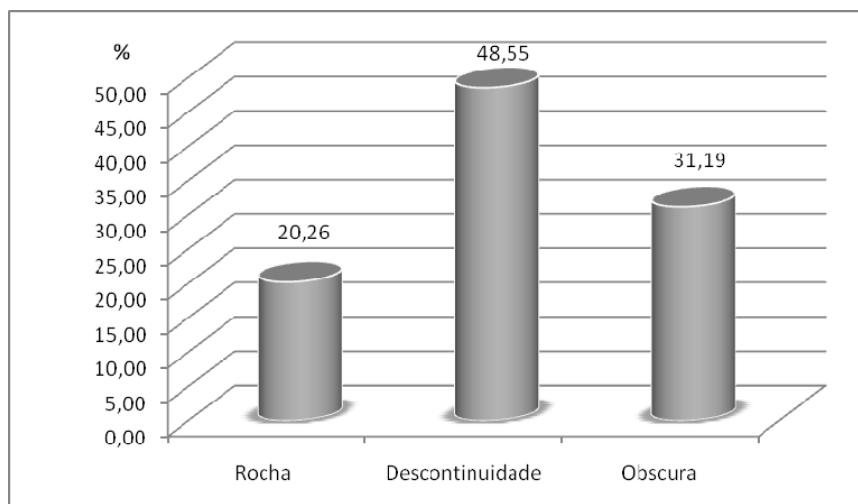


Figura 45. Terminação das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Luga (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Relativamente à curvatura, esta é na sua maioria (ca. 60%) do tipo C_{1-2} , ou seja, corresponde a descontinuidades planas a algo curvas, não sendo de desprezar a percentagem (ca. 31%) de descontinuidades algo curvas (C_3) (figura 46).

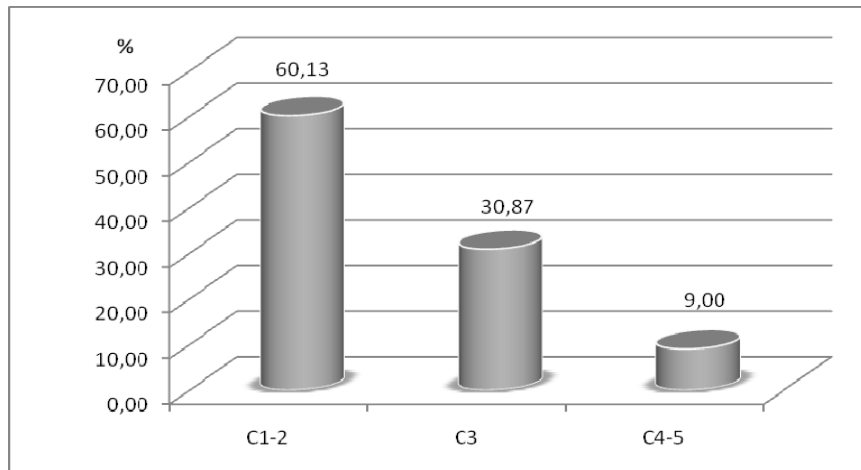


Figura 46. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Luga (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

No que toca à rugosidade, as descontinuidades são, predominantemente (ca. 59%), R_3 , designando-se por algo rugosas, ocorrendo, ainda, descontinuidades lisas a algo rugosas (R_{1-2}) numa percentagem significativa (ca. 26%), bem como descontinuidades muito rugosas (R_{4-5}) em 15% das situações (figura 47).

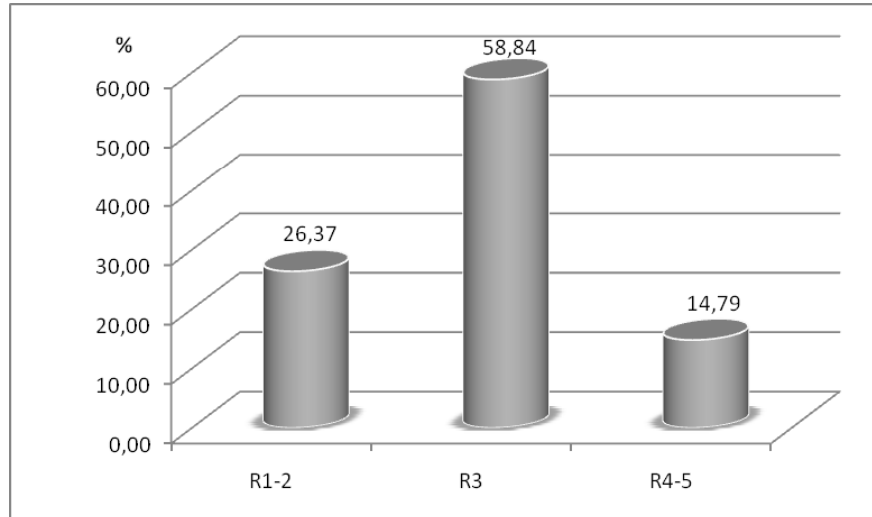


Figura 47. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Enchimento

A maioria (ca. 90%) das descontinuidades desta zona não apresenta enchimento. No entanto, quando este existe, divide-se pelos seguintes tipos de enchimento: quartzo, argila, rocha/rocha esmagada e vegetação/raízes/matéria orgânica (figura 48).

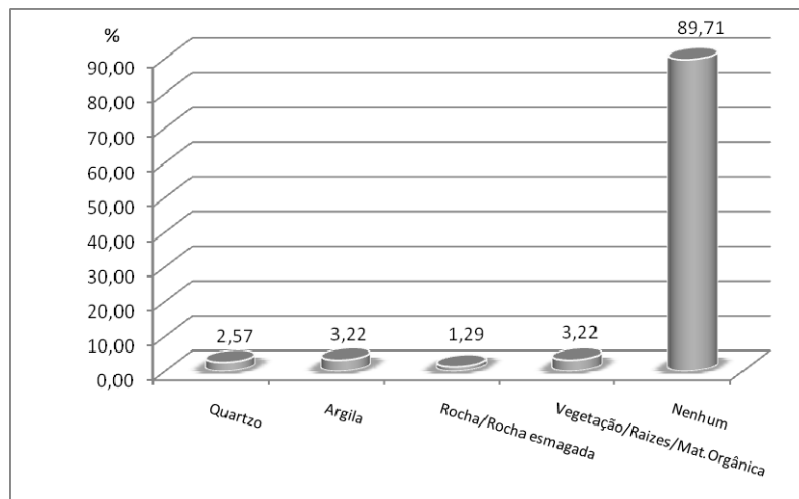


Figura 48. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Em todas as descontinuidades não ocorre a presença de água.

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

No que se refere à resistência à compressão simples (figura 49), nas 32 estações geomecânicas representativas deste talude, as descontinuidades classificam-se, na sua maioria (ca. 78%), no tipo S_2 (i.e., resistência elevada), com um valor médio de 104,7 MPa. Não se deve, contudo, desprezar as que apresentam uma resistência média (S_3), correspondentes a cerca de 19%.

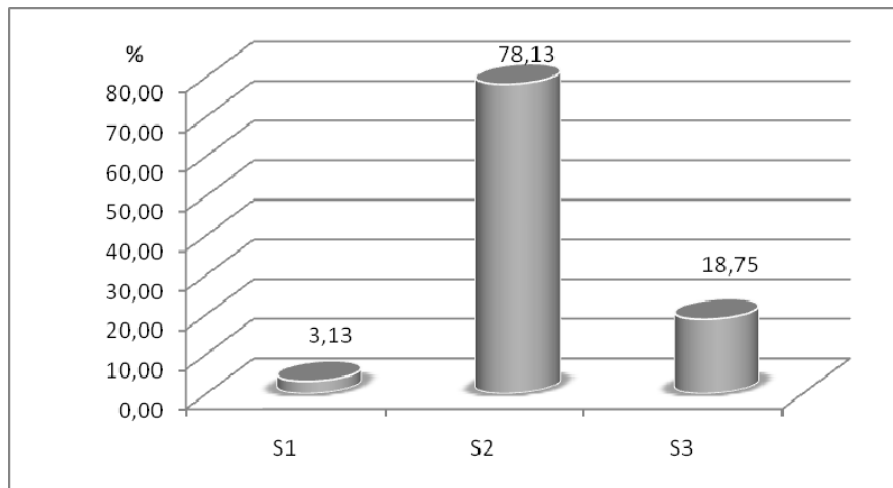


Figura 49. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (material-rocha)

Relativamente aos ensaios esclerométricos realizados no material-rocha, os valores de resistência são idênticos aos obtidos nas descontinuidades, classificando-se o material-rocha, na sua maioria (ca. 83%), no tipo S_2 (figura 50).

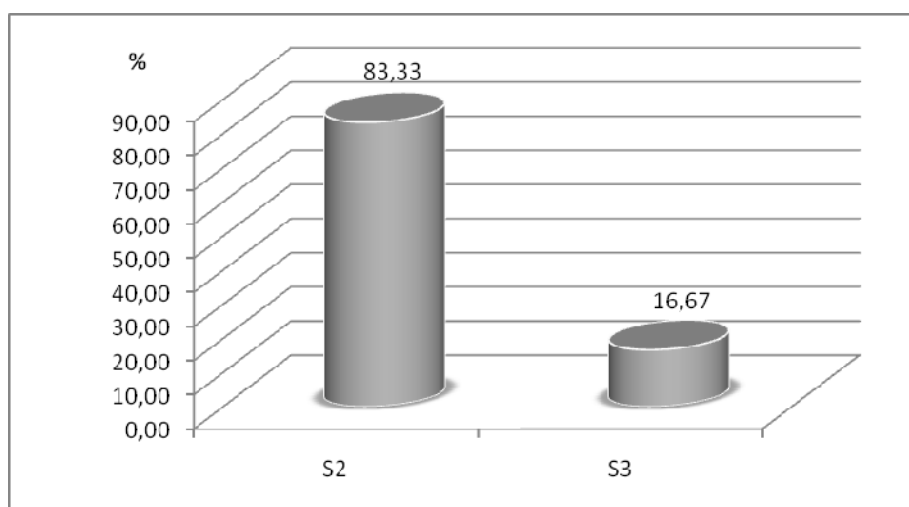


Figura 50. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha do Afloramento 2 – Cais Lugan (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

3.6.3.3. Afloramento 3 – Rua da Praia

Devido ao facto, deste afloramento, estar sujeito a intervenções de contenção no período do trabalho de campo, Junho e Julho de 2009, não foi possível proceder à recolha de elementos. No entanto, integram-se aqui os dados da dissertação de mestrado desenvolvida por Monteiro (2008).

De acordo com Monteiro (2008), este afloramento foi dividido em três taludes rochosos, a saber: talude do rio (1), talude da escadaria (2) e talude do parque (3). Para os três taludes, a litologia identificada é um granito de duas micas. O talude do rio (1) tem uma extensão de 59,80 metros (figura 52, 1) e uma orientação de N85°E. Neste talude, foram recolhidas 181 descontinuidades e foram realizadas 20 estações geomecânicas. O talude da escadaria (2) apresenta uma extensão de 23,75 metros (figura 52, 2), com uma orientação de N61°E, onde foram compiladas 35 descontinuidades e realizadas 7 estações geomecânicas. Por último, o talude do parque (3), com uma extensão de 26,0 metros (figura 53, 3), apresenta uma orientação de N70°E. Neste foram medidas 48 descontinuidades e realizadas 9 estações geomecânicas, (Anexo I.IV).



Figura 51. Localização do Afloramento 3 (imagem adaptada do Google Earth Pro).



Figura 52. Aspectos diversos do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

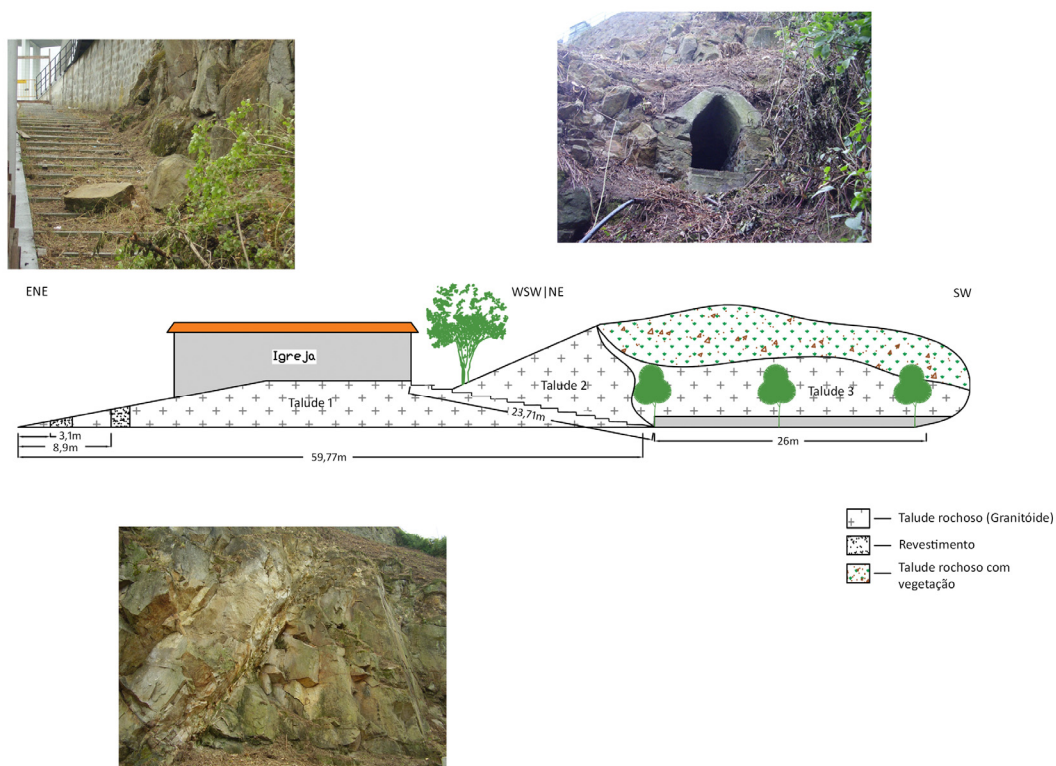


Figura 53. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características para cada um dos taludes (Quadro 19).

Quadro 19. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos dos 3 taludes que constituem o Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF3.1					AF3.2					AF3.3				
Grau Alteração	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅
	99,45%		0,55%		0,00%	-		88,57%		11,43%	-		95,83%		4,27%
Estado de fraturação															
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diacase			Falha		Diacase			Falha		Diacase		
	22,10%		77,90%			-		100,00%			12,50%		87,50%		
Famílias Principais	N 20°-40° E → 65°-85° SE		N 100°-120° E → 80°-90° NE/SW			N 95°-115° E → 75°-85° NE		N 15°-35° E → 50°-60° NW			N 170°-180° E → 65°-85° SW		N 95°-110° E → 65°-85° SW		
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	Fechada		Aberta		Mt. Aberta
	70,17%		19,89%		9,94%	42,86%		28,57%		28,57%	97,92%		2,08%		-
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅
	9,94%		41,44%		48,62%	48,57%		28,57%		22,86%	25,00%		52,08%		22,92%
Continuidade	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.
	60,22%	25,97%	13,81%	-	-	48,57%	51,43%	-	-	-	60,42%	2,08%	37,50%	-	-
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura	Rocha		Descont.		Obscura	Rocha		Descont.		Obscura
	7,73%		47,51%		44,75%	17,14%		40,00%		42,86%	-		47,92%		52,08%
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅
	87,85%		12,15%		-	14,29%		74,29%		11,42%	79,17%		20,83%		-
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅
	33,15%		66,30%		0,55%	8,57%		74,29%		17,14%	4,17%		89,58%		6,25%
Enchimento	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	-	3,87%	3,87%	6,08%	86,19%	-	2,86%	-	34,29%	62,86%	-	-	-	-	100,00%
P. Água	Sim		Não			Sim		Não			Sim		Não		
	94,48%		5,52%			-		100,00%			100,00%		0,00%		
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Descontinuidades	30,00%	60,00%	10,00%	-	-	-	57,14%	42,86%	-	-	33,33%	66,67%	-	-	-
Maciço	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

De acordo, com o quadro anterior, que ilustra a caracterização geotécnica-geomecânica para todos os taludes, de uma forma individual, apresenta-se seguidamente, uma análise global dos três taludes.

Grau de Alteração

Segundo, a classificação da ISRM (1978, 1981, 1985, 2004) e da GSE (1995), o grau de alteração é maioritariamente (ca. 68%), classificado como W_{1-2} , referindo-se a um maciço rochoso, são a ligeiramente alterado. Apresenta também uma percentagem expressiva (ca. 30%) de W_3 , maciço rochoso medianamente alterado e, apenas, cerca de 2% do maciço rochoso se apresenta como, muito a completamente alterado (W_{4-5}) (figura 54).

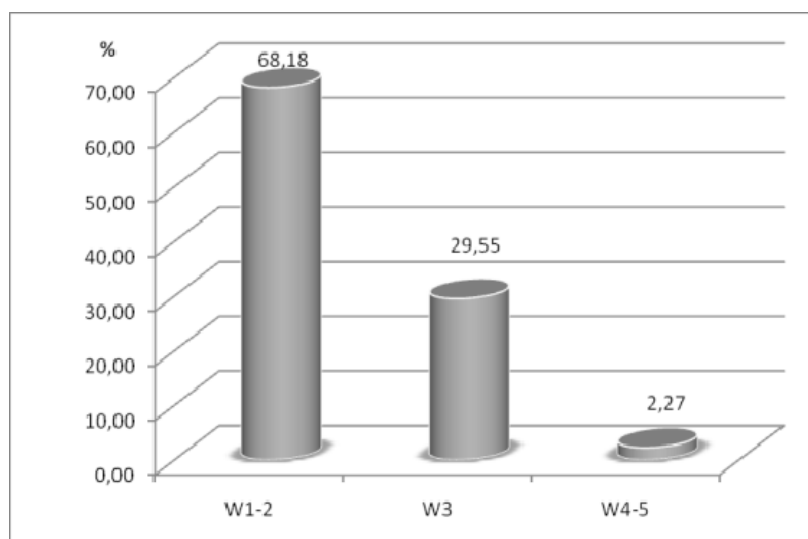


Figura 54. Grau de alteração do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Estado da Fracturação

Pela análise da figura 55, verifica-se que as 264 descontinuidades correspondem, na sua maioria (ca. 83%), a diaclases, sendo os restantes planos, falhas.

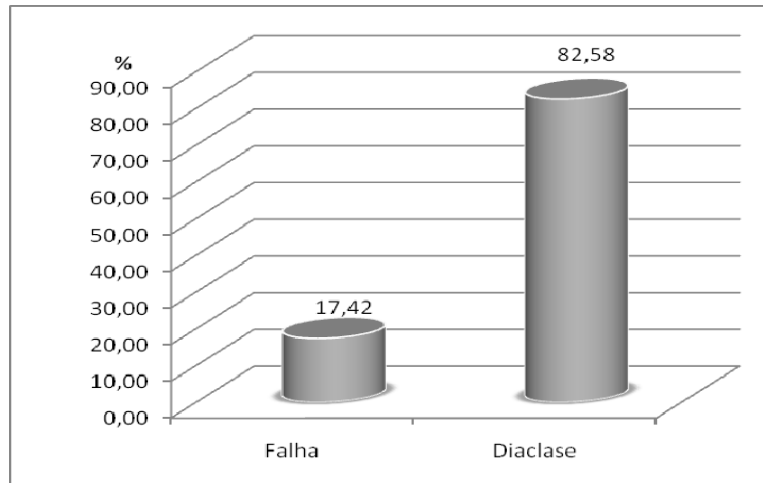


Figura 55. Tipos de descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Pela análise da figura 56, verifica-se que existem duas famílias principais de descontinuidades, a família N10°-40°E, com inclinações que oscilam entre 65°-80° para o quadrante SE e a família N100°-120°E com inclinações que oscilam entre 80°-90° para o quadrante SW/NE.

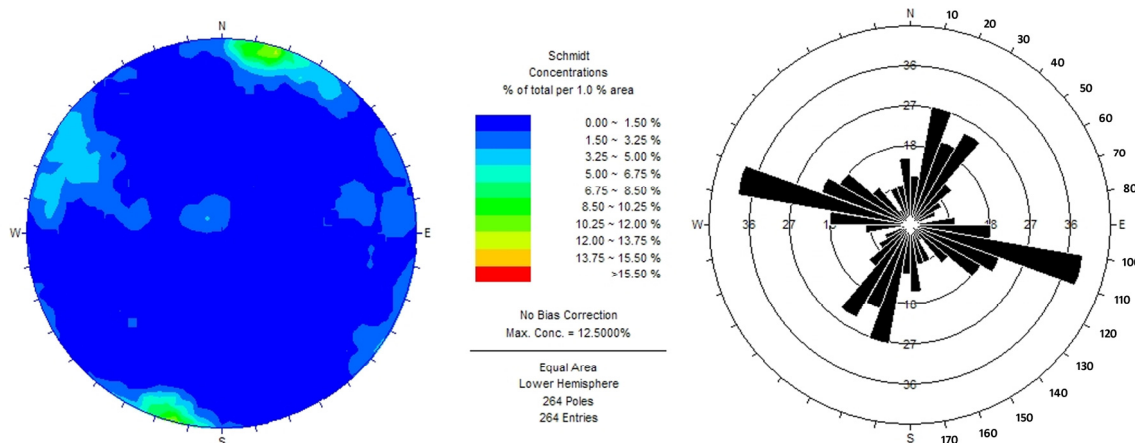


Figura 56. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=264) do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Abertura

Neste afloramento (figura 57), as descontinuidades apresentam-se, maioritariamente (*ca.* 72%), fechadas, i.e., inferiores a 0,5mm. Sucedem-se, com cerca de 18%, as descontinuidades abertas (aberturas entre 0,5 e 10mm) e, com uma percentagem um pouco inferior (*ca.* 11%), descontinuidades muito abertas (aberturas superiores a 10 mm).

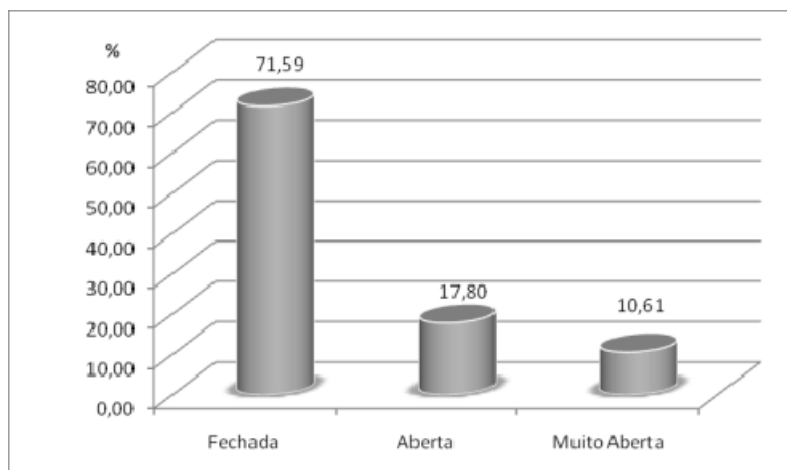


Figura 57. Abertura das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

As descontinuidades apresentam valores muito semelhantes (*ca.* 42% e 41%), para as classes de espaçamento medianamente próximas (F_3), entre 20cm e 60cm, e próximas (F_{4-5}) inferior a 20cm, respectivamente, de acordo com os critérios da ISRM (1978, 1981, 2007). Além disso, surge também, embora com um valor menos representativo (*ca.* 18%), descontinuidades afastadas (F_{1-2}) (figura 58).

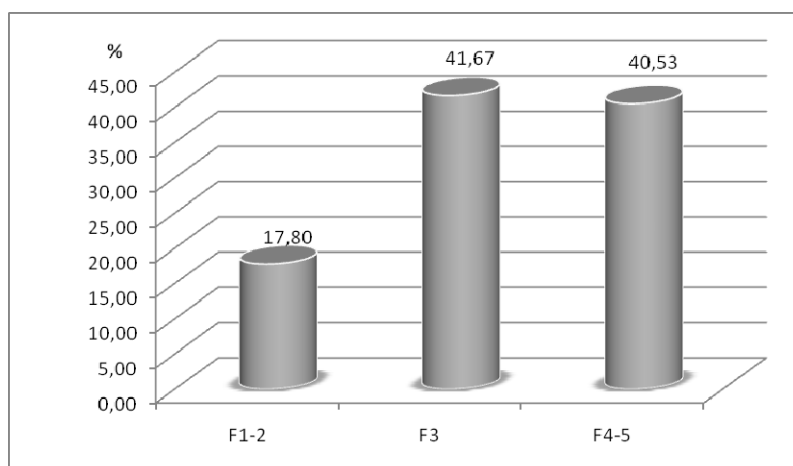


Figura 58. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Continuidade

A maioria das descontinuidades (ca. 59%) deste afloramento afigura-se muito pouco contínua, *i.e.*, com valores inferiores a 1m. As restantes distribuem-se pelas classes de pouco contínuas (25%) e medianamente contínuas (ca. 16%), *i.e.*, valores entre 1 e 3m e 3 a 10m, respectivamente (figura 59).

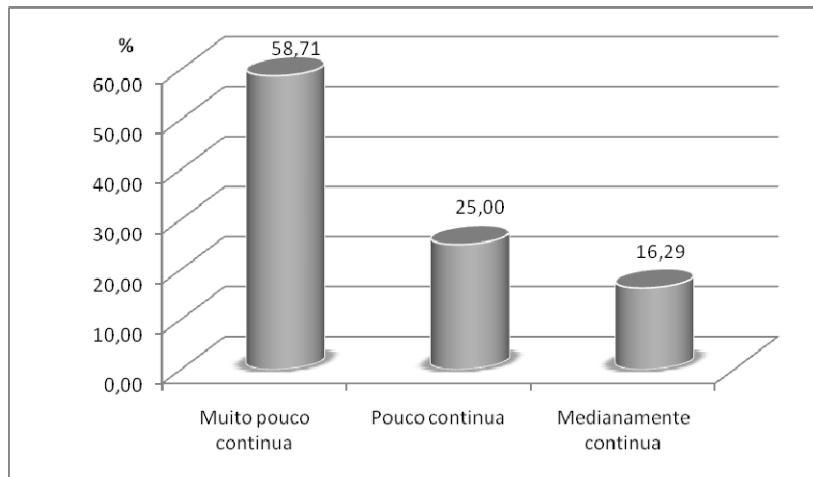


Figura 59. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Terminação

A classificação da terminação das descontinuidades distribui-se essencialmente por dois tipos: em “descontinuidade” (ca. 47%) e “obscura” (ca. 46%). Contudo, surge também, a terminação em “rocha” com um valor de cerca de 8%, como se pode ver pela figura 60.

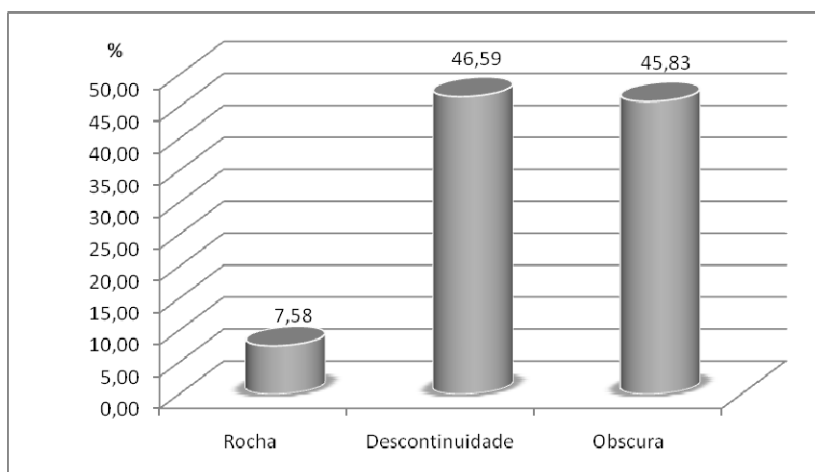


Figura 60. Terminação das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Pode-se constatar pela análise da figura 61 que as descontinuidades são, na sua maioria (ca. 77%), planas a ligeiramente curvas, do tipo C_{1-2} . Francamente menos representativas (ca. 22%), ocorrem as descontinuidades algo curvas (C_3) e quase inexistentes (ca. 2%), surgem as descontinuidades do tipo C_{4-5} , muito curvas.

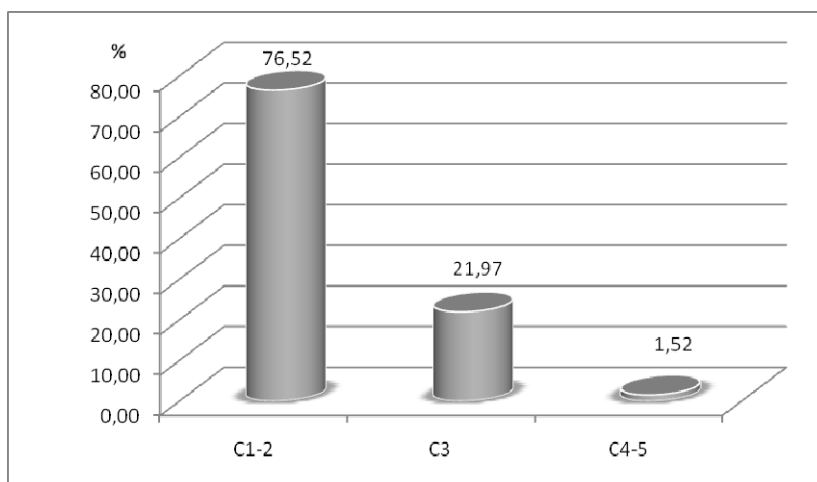


Figura 61. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

Em termos de rugosidade, domina (ca. 72%), o tipo R_3 , i.e., descontinuidades rugosas. Aparecem, algumas descontinuidades (ca. 4%), muito rugosas (R_{4-5}). No entanto, cerca de 25% das descontinuidades são lisas a algo rugosas (R_{1-2}) (figura 62).

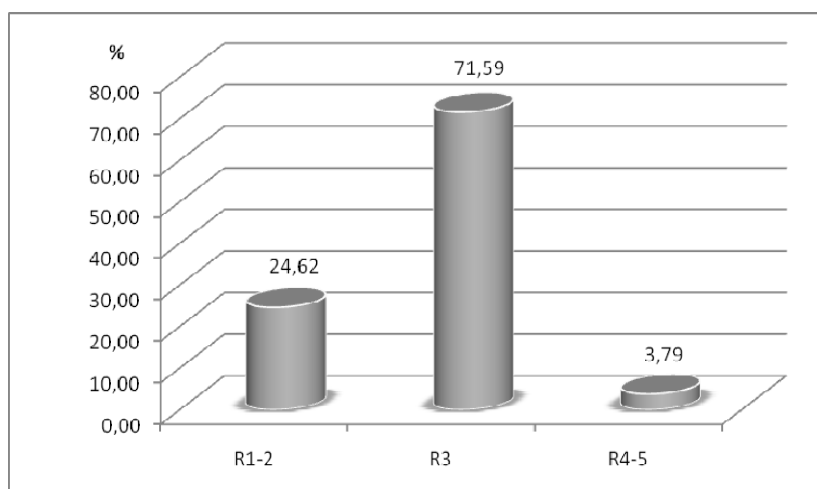


Figura 62. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Enchimento

Neste afloramento, as descontinuidades exibem-se quase sempre fechadas, daí não terem qualquer enchimento em 86% dos casos. A restante parcela, distribui-se por três tipos: vegetação/raízes/matéria orgânica (ca. 9%), argila e rocha esmagada, cada um com cerca de 3% (figura 63).

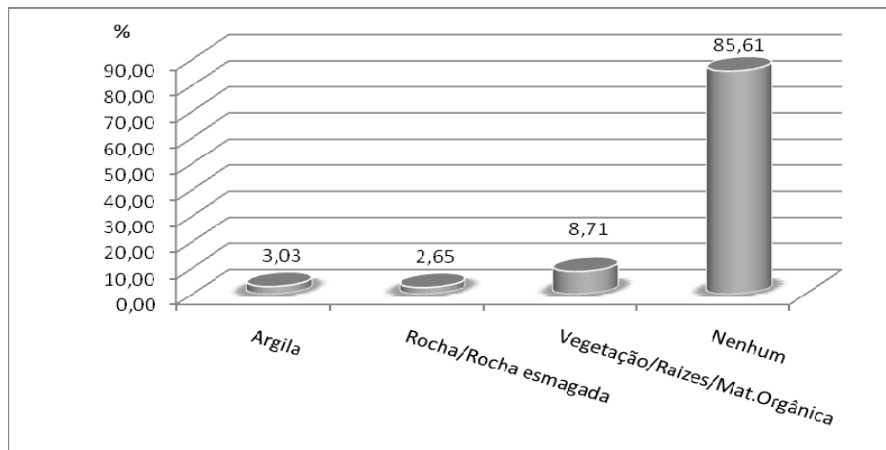


Figura 63. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Presença de Água

A água está presente em cerca de 83% das descontinuidades, pelo que os restantes 17% correspondem a completamente secas, (figura 64).

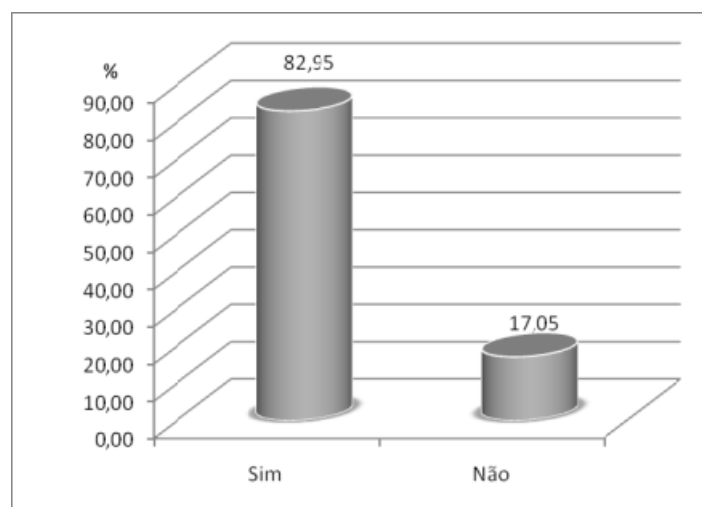


Figura 64. Presença de água nas descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

A resistência à compressão simples (figura 65), nas paredes das descontinuidades, apresenta valores entre 60 a 200MPa, resistência elevada (S_2), na maioria das situações (ca. 61%). No entanto, 25% das descontinuidades têm valores de resistência muito elevados (>200MPa), ou seja, do tipo S_1 e os restantes cerca de 14% são do tipo S_3 , classe de resistência média, segundo a ISRM (1981).

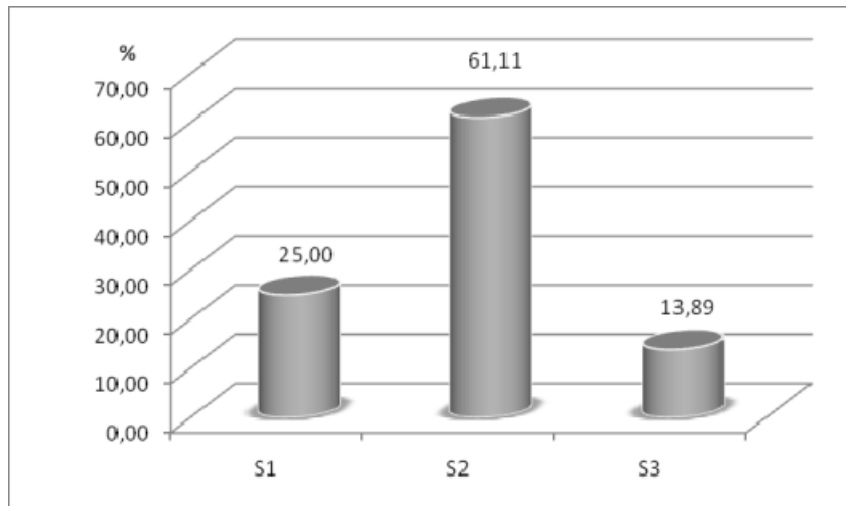


Figura 65. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 3 – Rua da Praia (São Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

3.6.3.4. Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo

Este afloramento localiza-se na Rua Abílio de Azevedo, (figura 66, Anexo I.V) e engloba o estudo de dois taludes: talude 1 (figura 67) e talude 2 (figura 68). O talude 1 tem uma extensão de 67,40 metros e uma orientação N117°E, no qual, foram cartografadas 260 descontinuidades e foram realizadas 30 estações geomecânicas (ensaio esclerométrico), das quais 18 se realizaram nas paredes das descontinuidades e 12 no material-rocha. O talude 2 apresenta uma extensão de 43,70 metros, com uma orientação de N120°E, onde foram registadas 109 descontinuidades e realizadas 19 estações geomecânicas, 11 nas descontinuidades e 8 no material-rocha.



Figura 66. Localização do Afloramento 4 (imagem adaptada do Google Earth Pro).



Figura 67. Aspectos gerais do talude 1 do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).



Figura 68. Aspecto geral do talude 2 do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

A litologia do talude 1 é um micro-granito, de grão muito fino, bastante oxidado, que surge, a partir dos 19m intercalado com xisto luzente, cuja orientação da xistosidade é N110°E (aos 19,80m) e de N74°E (aos 34,95m) e assim permanece ao longo de todo o talude 1, chegando até a observar-se, simultaneamente, as duas litologias, que se pensa resultar da tectónica local, pois o afloramento está contíguo a uma falha em fundo de vale. O maciço que constitui este talude, tal como no talude 2 é, por vezes, interrompido devido à presença de grandes raízes, que fragmentaram intensamente o maciço e consequentemente o destacaram, dando lugar a zonas de alta instabilidade. No talude 2 a litologia é semelhante. Este talude encontra-se emparedado entre os 6,70m e os 21m (figura 69).

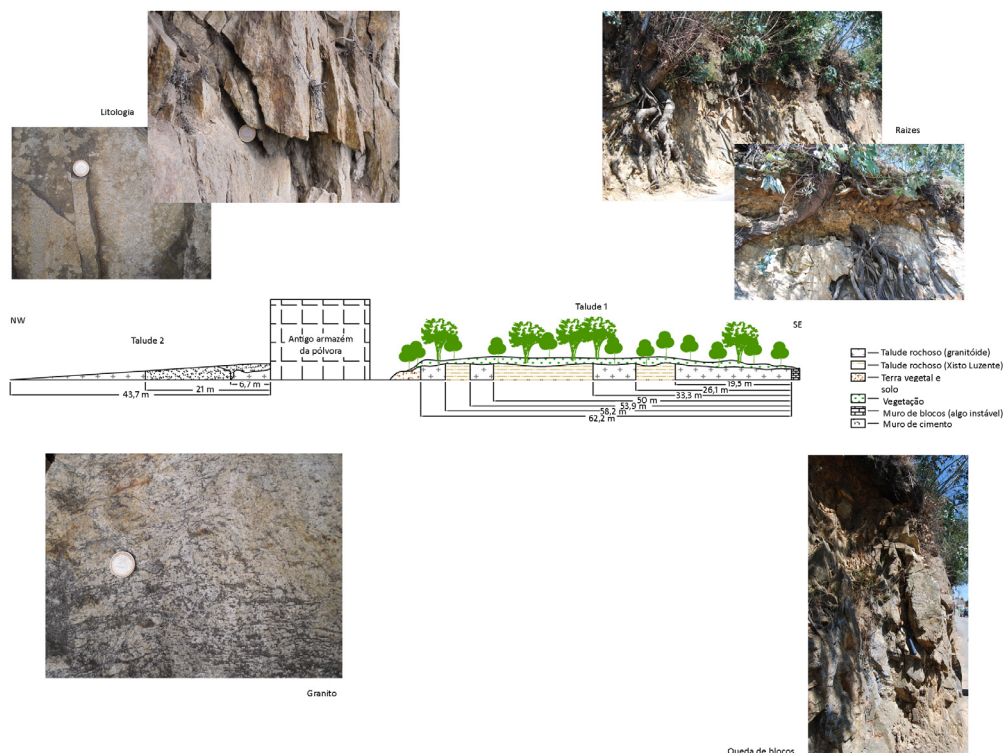


Figura 69. Esboço representativo e algumas características dos dois taludes do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características para cada talude (Quadro 20).

Quadro 20. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos taludes que constituem o Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF4.1					AF4.2				
Grau Alteração	W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅		
	61,54%	38,46%	-			-	100%	-		
Estado de fracturação										
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diacalse			Falha		Diacalse		
	17,69%		82,31%			30,28%		69,72%		
Famílias Principais	N 10°-30° E → 65°-85° NW		N 30°-50° E → 65°-85° NW			N 0°-10° E → 60°-80° NW		N 10°-30° E → 60°-80° NW		N 45°-65° E → 80°-90° NW
Abertura	Fechada		Aberta	Mt. Aberta		Fechada		Aberta	Mt. Aberta	
	71,54%		20,77%	7,69%		55,96%		35,78%	8,26%	
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃	F ₄₋₅		F ₁₋₂		F ₃	F ₄₋₅	
	3,46%		35,00%	61,54%		6,42%		44,04%	49,54%	
Continuidade	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.
	55,00%	45,00%	-	-	-	100,00%	-	-	-	-
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura	Rocha		Descont.		Obscura
	31,54%		34,62%		33,84%	21,10%		34,86%		44,04%
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅
	74,23%		23,85%		1,92%	77,06%		22,02%		0,92%
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅
	68,08%		31,15%		0,77%	56,88%		42,20%		0,92%
Enchimento	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	1,15%	-	2,31%	3,46%	93,08%	-	-	3,67%	1,83%	94,50%
P. Água	Sim		Não			Sim		Não		
	-		100,00%			-		100,00%		
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Descontinuidades	-	55,56%	33,33%	11,11%	-	20,00%	80,00%	-	-	-
Maciço	-	55,56%	33,33%	11,11%	-	-	100,00%	-	-	-

De acordo com o quadro anterior, que ilustra a caracterização geotécnica-geomecânica para os taludes 1 e 2, de uma forma individual, apresenta-se seguidamente, o estudo destes parâmetros, para o conjunto dos dois taludes.

Grau de Alteração

Em termos de alteração, o maciço apresenta-se, na sua maioria (ca. 57%) medianamente alterado (W_3) e também, com uma percentagem significativa (ca. 43%), são a pouco alterado (W_{1-2}) (figura 70).

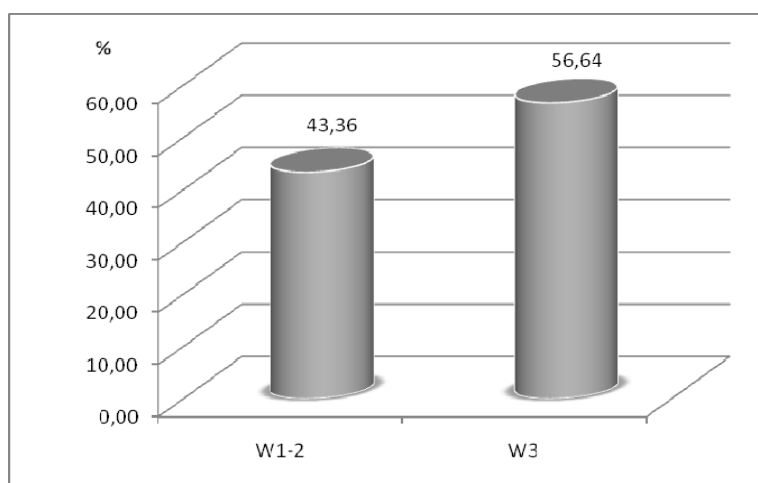


Figura 70. Grau de alteração do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Estado da fracturação

Das 369 descontinuidades registadas neste afloramento, a maioria (ca. 79%) são diaclases mas com uma presença significativa (ca. 21%) de falhas (figura 71).

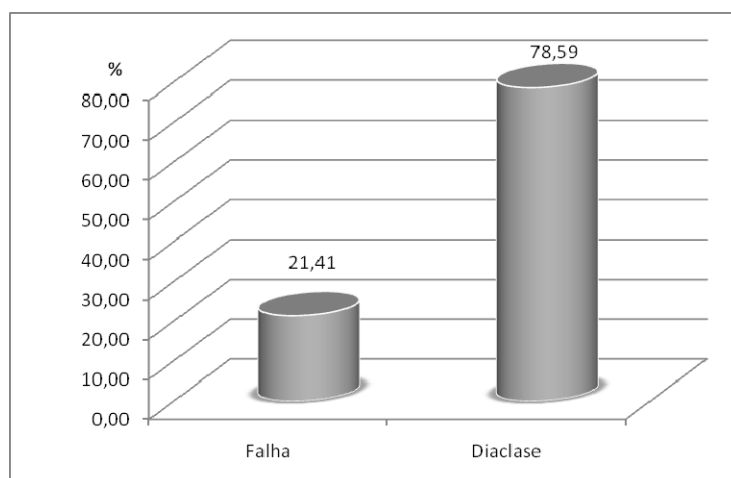


Figura 71. Tipos de descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Neste afloramento, as famílias mais importantes são a N20°-30°E, com inclinações entre 65°-85° para o quadrante NW, e a família N10°-20°E, com inclinações entre 70°-90° para o quadrante SE, como se pode verificar nos diagramas estruturais (figura 72).

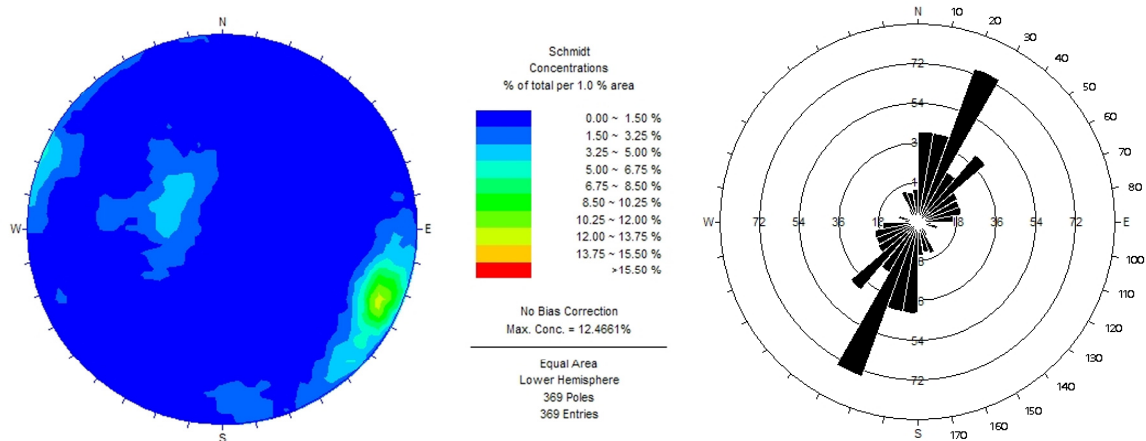


Figura 72. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=369) do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Abertura

Em termos de abertura, estas descontinuidades ocorrem na sua maioria (*ca.* 67%) fechadas, *i.e.*, com aberturas inferiores a 0,5 mm, cerca de 25% encontram-se abertas, *i.e.*, com aberturas entre 0,5mm e 10mm e, apenas uma pequena percentagem (*ca.* 8%) se classificam como muito abertas (>10mm), (figura 73).

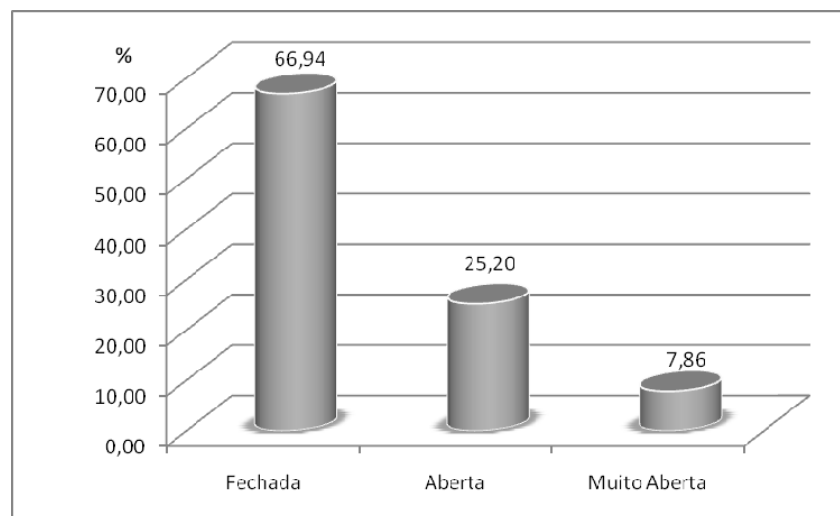


Figura 73. Abertura das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Relativamente ao espaçamento (figura 74), as discontinuidades apresentam-se, na sua maioria (ca. 58%), próximas (F_{4-5}). Contudo, as discontinuidades mediamente afastadas (F_3), ocorrem em percentagem relevante (ca. 38%).

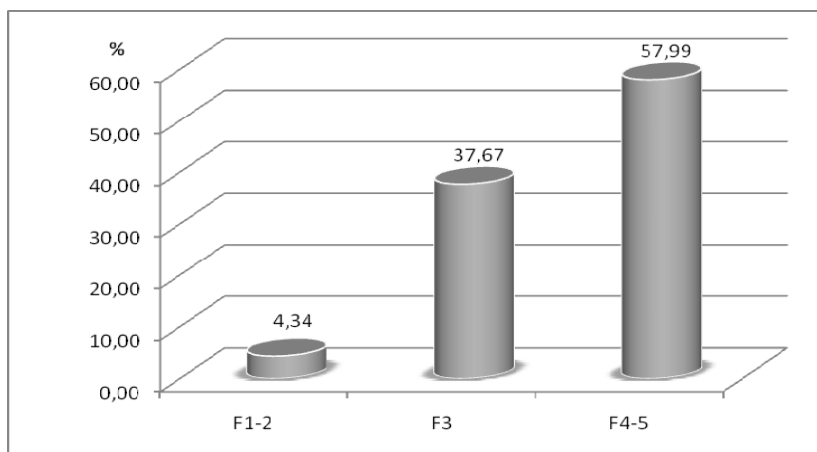


Figura 74. Espaçamento das discontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Em termos de continuidade, a maioria (ca. 68%) das discontinuidades são muito pouco contínuas, sendo as restantes pouco contínuas (figura 75).

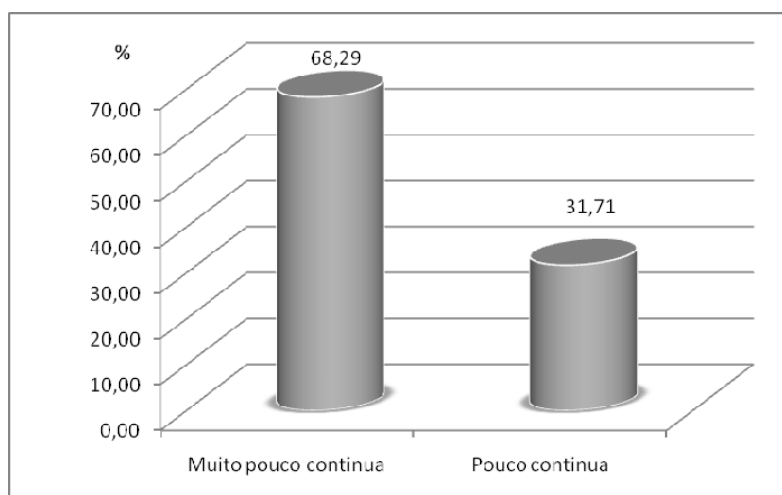


Figura 75. Continuidade das discontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Terminação

Quanto à terminação, apesar dos valores das percentagens serem próximas entre os três tipos, a terminação “obscura” apresenta um valor percentual ligeiramente superior (ca. 37%) às restantes (figura 76).

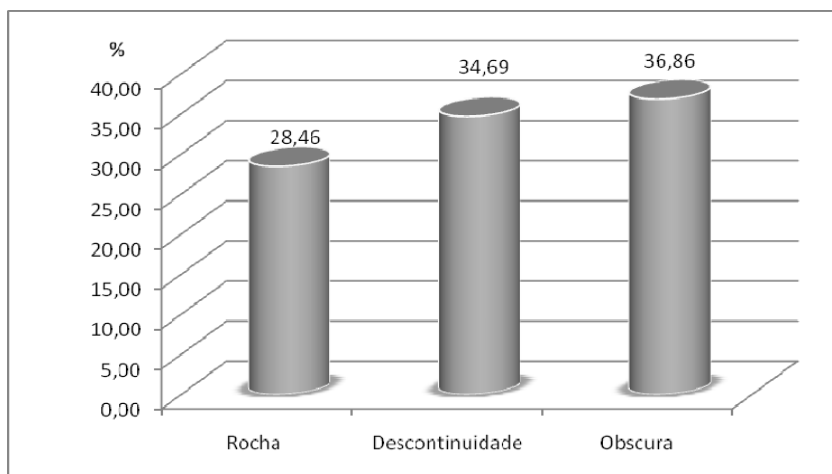


Figura 76. Terminação das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Relativamente à curvatura (figura 77), a maioria (ca. 75%) das descontinuidades são planas a algo curvas, *i.e.*, do tipo C_{1-2} , no entanto as descontinuidades curvas (C_3) correspondem a uma percentagem significativa (ca. 23%).

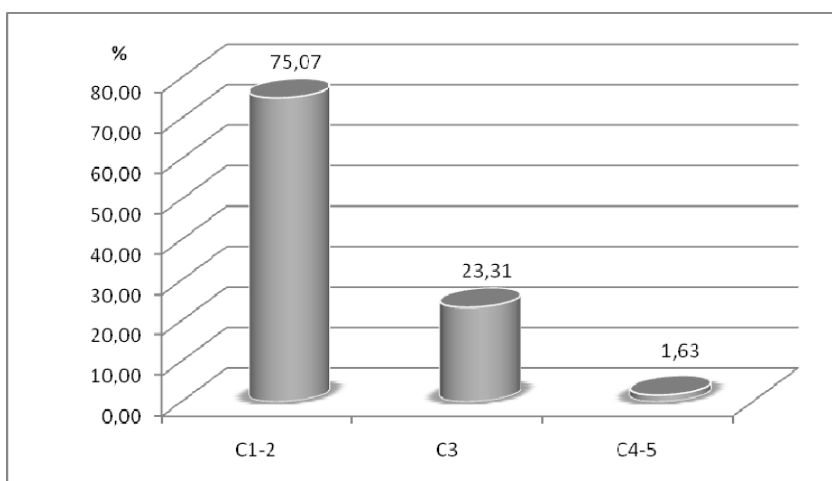


Figura 77. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

Quanto à rugosidade dominante (ca. 65%) esta é R_{1-2} , designando-se as descontinuidades como pouco rugosas. Cerca de um terço (34%) são medianamente rugosas, ou seja, do tipo R_3 (figura 78).

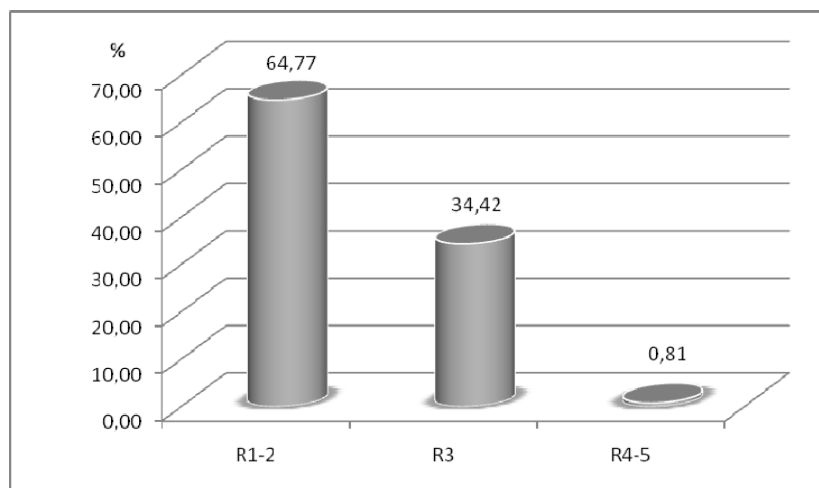


Figura 78. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Enchimento

Relativamente ao enchimento, uma percentagem muito significativa (ca. 94%) das descontinuidades não tem, no entanto, quando existe este é sobretudo rocha/rocha esmagada ou vegetação (figura 79).

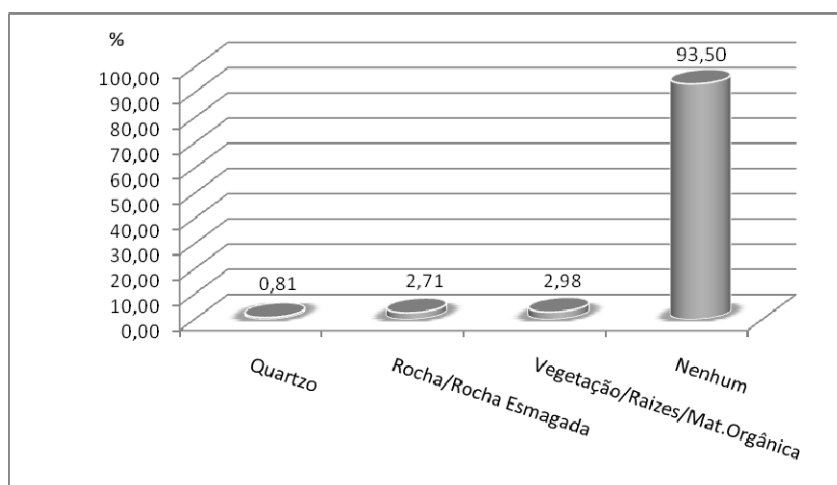


Figura 79. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Quanto à presença de água, todas as descontinuidades se apresentam secas.

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

No que se refere à resistência à compressão simples, nas 29 estações geomecânicas realizadas, as descontinuidades classificam-se, maioritariamente (ca. 61%), no tipo S₂, resistência elevada. No entanto, sobressai igualmente, com cerca de 26%, a classe de resistência S₃ (figura 80).

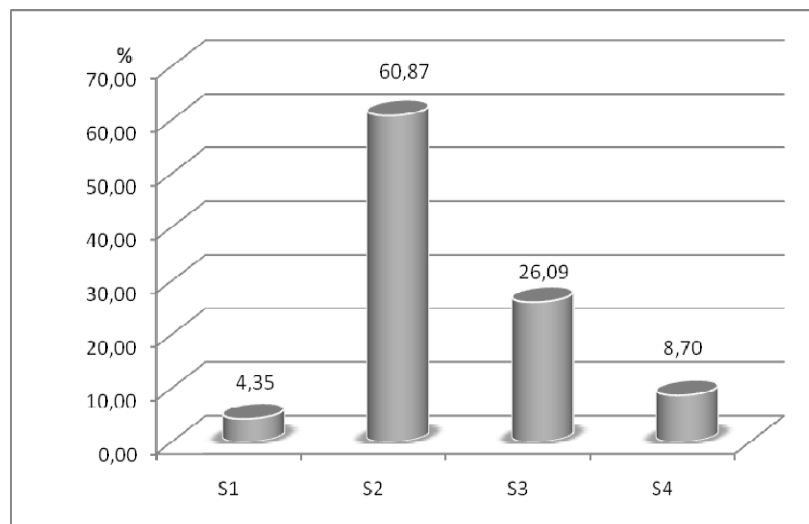


Figura 80. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (material-rocha)

A resistência do material-rocha, avaliada nos 20 ensaios esclerométricos, é semelhante à das descontinuidades. Na sua maioria (65%) é do tipo S₂, sendo 30% da classe S₃ (figura 81).

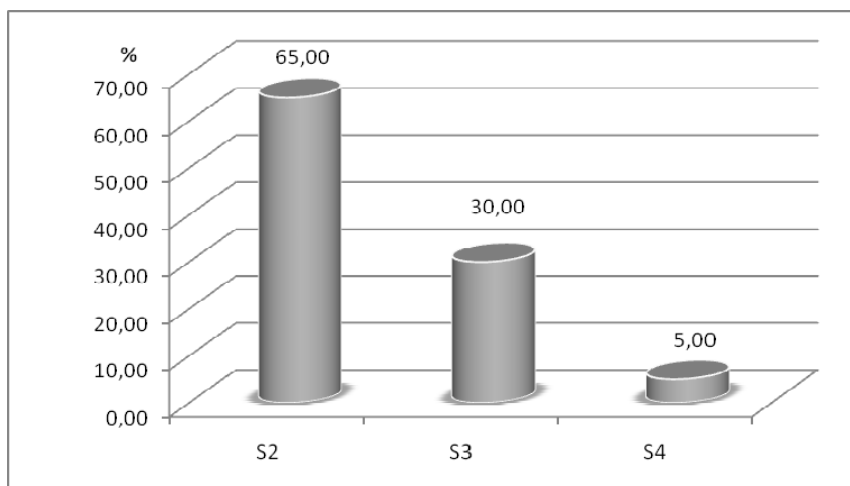


Figura 81. Resistência à compressão simples correspondente ao material-rocha do Afloramento 4 – Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada – Vila Nova de Gaia).

3.6.3.5. Afloramento 5 – Rua do Cabedelo

O afloramento 5 está, tal como o afloramento 3, dividido em três taludes: talude 1, talude 2 e talude 3 (figuras 82 e 83, Anexo I.VI). O talude 1 tem uma extensão de 87 metros e tem uma orientação N60°E, no qual foram analisadas 67 descontinuidades e realizadas 16 estações geomecânicas (ensaio esclerométrico), das quais 8 nos planos de descontinuidade e 8 no material-rocha. O talude 2, com uma extensão de 30 metros e com uma orientação de N60°E, permitiu o levantamento de 54 descontinuidades e a realização de 9 estações geomecânicas, das quais 5 em descontinuidades e as restantes 4 no material-rocha. Por último, o talude 3, com uma extensão de 28,70 metros, e com uma orientação N136°E, possibilitou o registo de 95 descontinuidades e a realização de 17 estações geomecânicas, distribuídas pelas descontinuidades (11 estações) e pelo material-rocha (6 estações).



Figura 82. Localização do Afloramento 5 (imagem adaptada do *Google Earth Pro*).

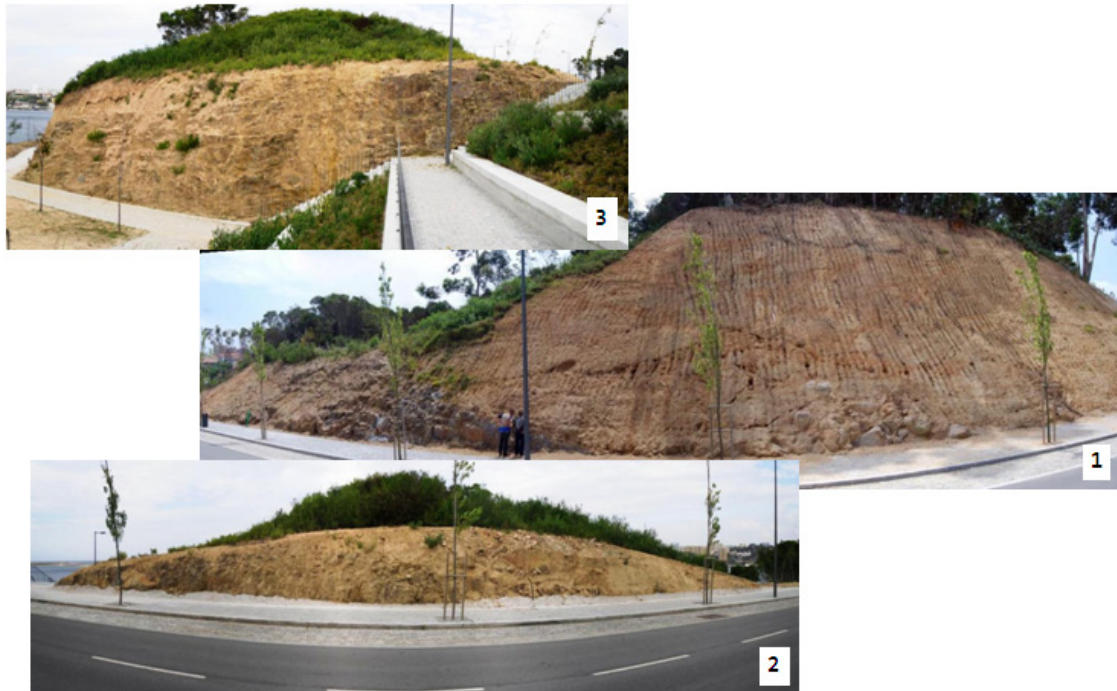


Figura 83. Aspectos gerais dos três taludes do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Em termos de litologia, a unidade aflorante é descrita como granito de Lavadores, *i.e.*, um granito biotítico de grão grosseiro, duas micas, porfiróide, apresentando megacristais de ortóclase. É de realçar, que os taludes 1 e 2 exibem graus de alteração bastante díspares, ocorrendo, simultaneamente, material rochoso W_{1-2} (são a pouco alterado) com W_{4-5} , maciço muito a completamente alterado, facilmente ripável (figura 84).

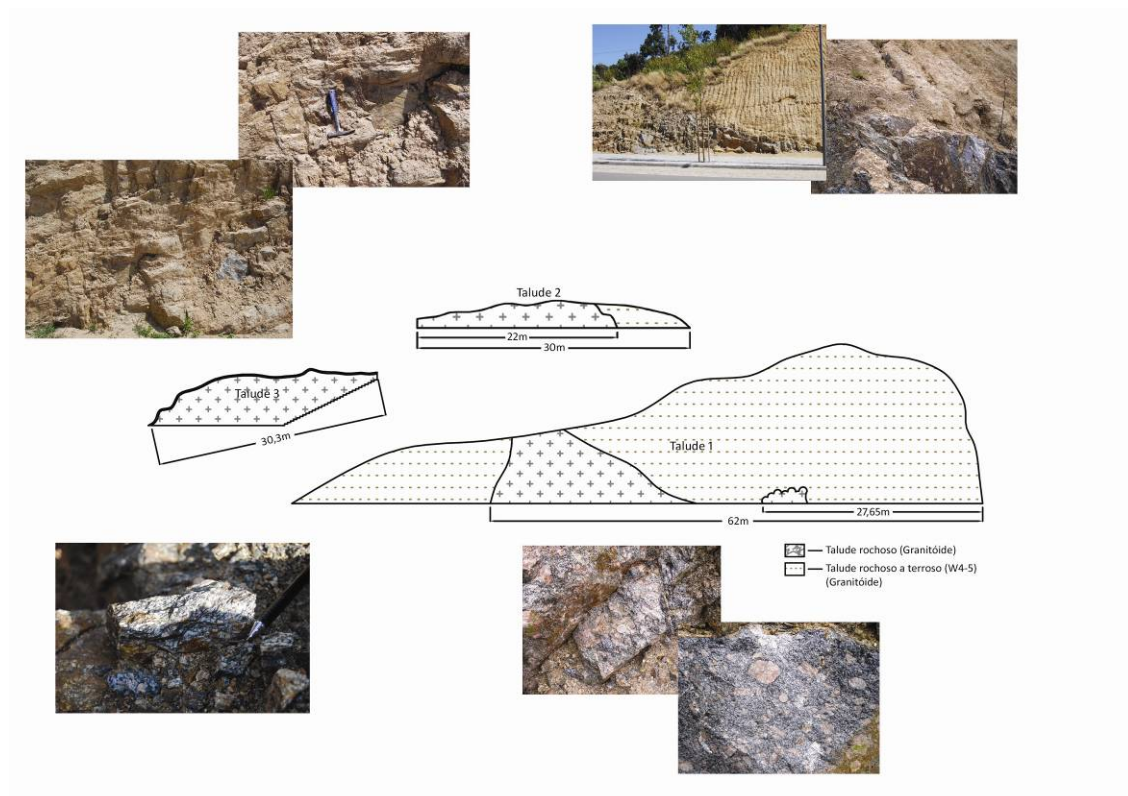


Figura 84. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características para cada talude (Quadro 21).

Quadro 21. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos taludes que constituem o Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF5.1					AF5.2					AF5.3									
Grau Alteração	W _{1,2}		W ₃	W _{4,5}		W _{1,2}		W ₃	W _{4,5}		W _{1,2}		W ₃	W _{4,5}						
	100%		-	-		44,44%		55,56%	-		40,43%		43,62%	15,96%						
Estado de fraturação																				
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diaclase			Falha		Diaclase			Falha		Diaclase							
	44,78%		55,22%			25,93%		74,07%			36,17%		63,83%							
Famílias Principais	N 30°-40° E → 60°-80° NW/SE		N 120°-130° E → 65°-85° SW		N 130°-150° E → 65°-85° SW		N 10°-30° E → 50°-70° NW		N 60°-80° E → 65°-80° SE		N 120°-130° E → 75°-90° NE/SW		N 40°-50° → 70°-85° SE		N 120°-130° → 65°-80° SW		N 130°-150° → 15°-30° SW			
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta		Fechada		Aberta		Mt. Aberta		Fechada		Aberta		Mt. Aberta			
	94,03%		5,97%		-		83,33%		16,67%		-		76,60%		21,28%		2,13%			
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F _{4,5}		F ₁₋₂		F ₃		F _{4,5}		F ₁₋₂		F ₃		F _{4,5}			
	16,42%		40,30%		43,28%		22,22%		33,33%		44,44%		11,70%		39,36%		48,94%			
Continuidade	M.P. Cont.		P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.		P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.		P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.		
	98,51%		1,49%	-	-	-	100,00%		-	-	-	-	-	48,42%		32,63%	18,95%	-	-	
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura		Rocha		Descont.		Obscura		Rocha		Descont.		Obscura			
	11,94%		28,36%		59,70%		20,37%		27,78%		51,85%		25,53%		28,72%		45,74%			
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C _{4,5}		C ₁₋₂		C ₃		C _{4,5}		C ₁₋₂		C ₃		C _{4,5}			
	76,12%		23,88%		-		81,48%		18,52%		-		60,64%		36,17%		3,19%			
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R _{4,5}		R ₁₋₂		R ₃		R _{4,5}		R ₁₋₂		R ₃		R _{4,5}			
	47,76%		44,78%		7,46%		59,26%		38,89%		1,85%		47,87%		48,94%		3,19%			
Enchimento	Quartzo		Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo		Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo		Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum		
	-		-	2,99%	-	97,01%	-		-	-	-	100,00%	1,06%		2,13%	4,26%	-	92,55%		
P. Água	Sim					Não					Sim					Não				
	-					100,00%					-					100,00%				
R. Comp. Simples	S ₁		S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁		S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁		S ₂	S ₃	S ₄	S ₅		
Descontinuidades	12,50%		75,00%	12,50%	-	-	-		40,00%	60,00%	-	-	-		72,73%	27,27%	-	-		
Maciço	50,00%		50,00%	-	-	-	-		75,00%	25,00%	-	-	-		50,00%	50,00%	-	-		

De acordo, com o quadro anterior, que ilustra a caracterização geotécnica-geomecânica para todos os taludes, de uma forma individual, apresenta-se seguidamente, o estudo destes parâmetros para o conjunto dos três taludes.

Grau de alteração

O maciço encontra-se na sua maioria (60%), são a pouco alterado (W_{1-2}), contudo, também se apresenta, com uma percentagem significativa (ca. 33%), moderadamente alterado (W_3) (figura 85).

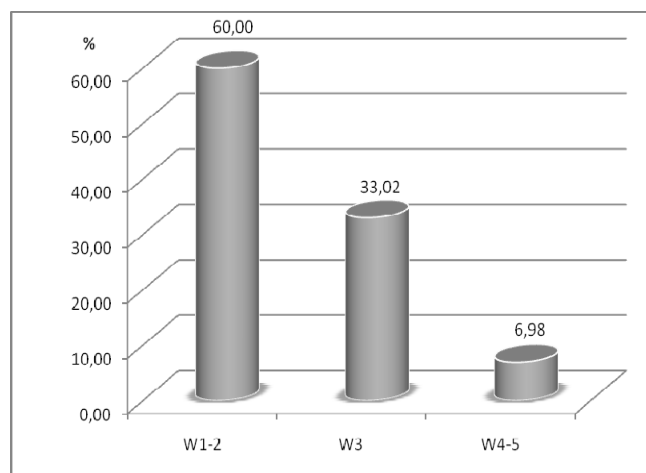


Figura 85. Grau de alteração do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Estado de fracturação

Das 215 descontinuidades registadas, a maioria (ca. 64%), são diaclases não sendo de descurar o facto dos restantes 36% corresponderem falhas (figura 86).

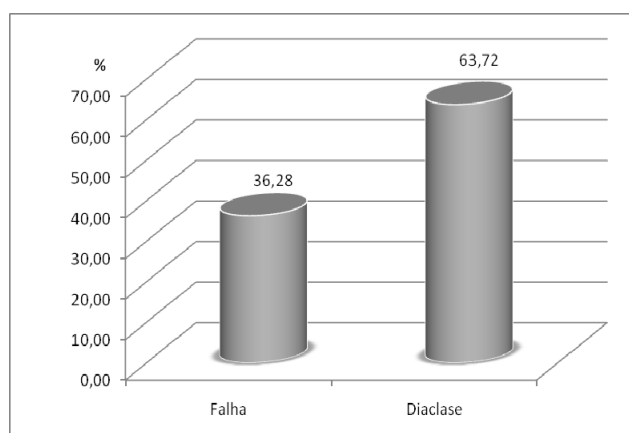


Figura 86. Tipos de descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Em termos de famílias de descontinuidades, existe uma considerável dispersão, no entanto destacam-se as orientações N40°-50°E, com inclinações entre 70°-85° para o quadrante SE e N120°-130°E, com inclinações entre 60°-80° para o quadrante SW, como se pode verificar nos diagramas geológico-estruturais da figura 87.

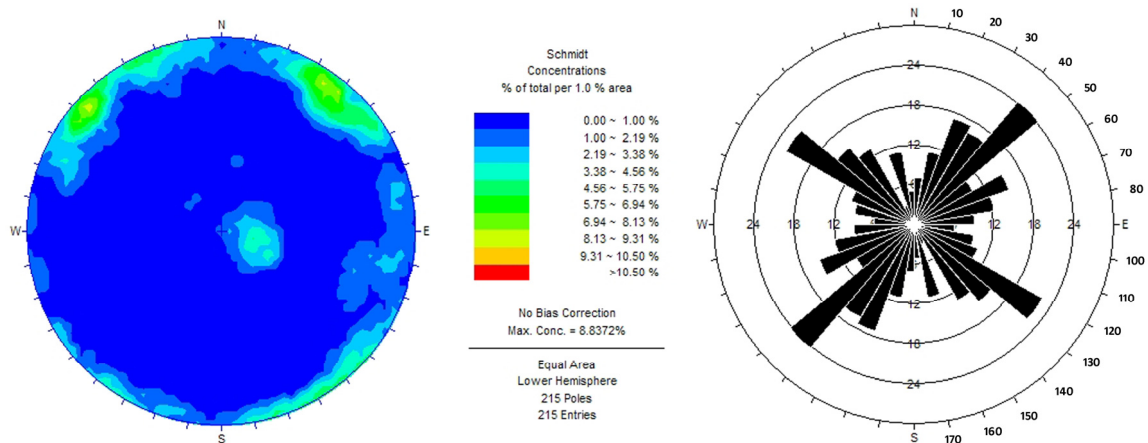


Figura 87. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=215) do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Abertura

Em termos de abertura, predominam as descontinuidades fechadas (ca. 84%), i.e., com aberturas inferiores a 0.5 mm (figura 88).

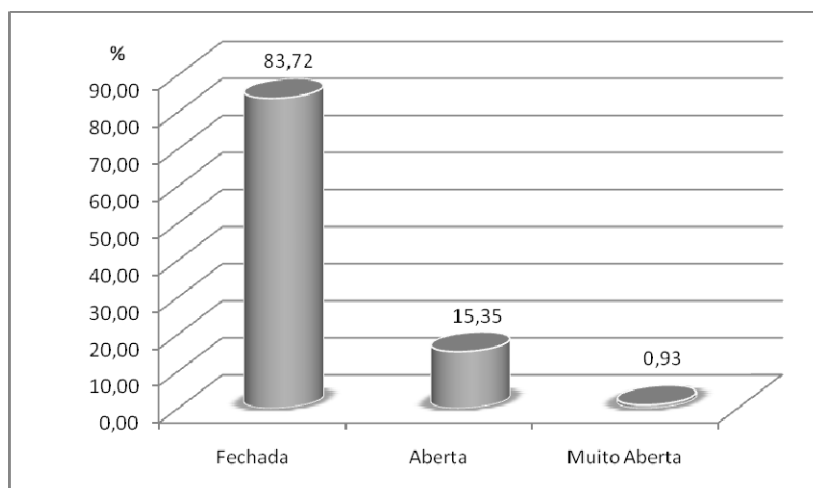


Figura 88. Abertura das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Quanto ao espaçamento (figura 89) as descontinuidades apresentam-se desde muito próximas F_{4-5} , (ca. 46%) a medianamente afastadas, F_3 , (ca. 38%).

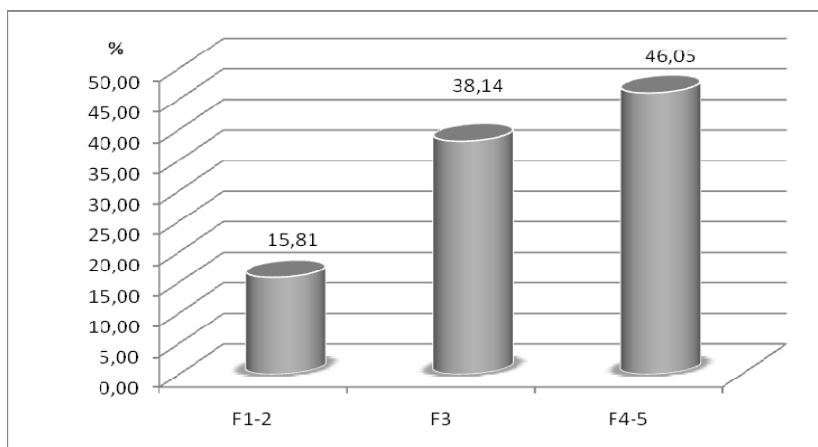


Figura 89. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Em termos de continuidade, a maioria das descontinuidades (ca. 77%) são muito pouco contínuas, ou seja, com comprimento inferior a 1m (figura 90).

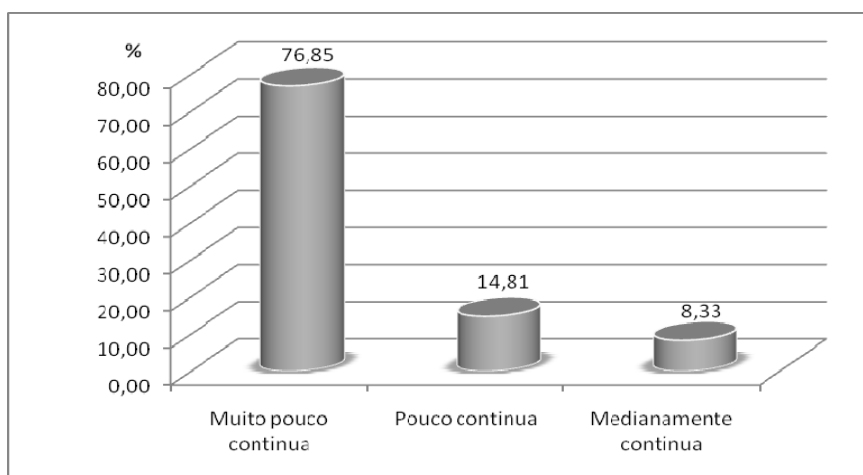


Figura 90. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Terminação

No que respeita à terminação, a maioria (ca. 52%) das descontinuidades termina de forma obscura, não sendo de desprezar (ca. 28%) as terminações noutras descontinuidades (figura 91).

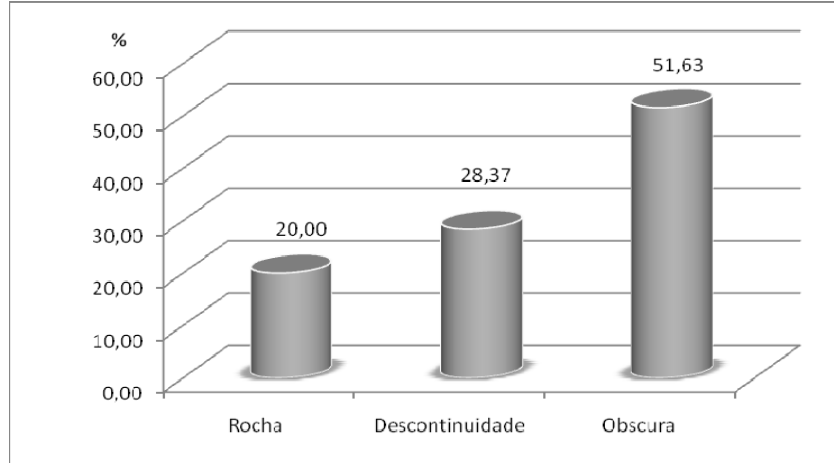


Figura 91. Terminação das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Quanto à curvatura, as descontinuidades são, na sua maioria (ca. 71%), planas a algo curvas, ou seja, do tipo C₁₋₂ (figura 92).

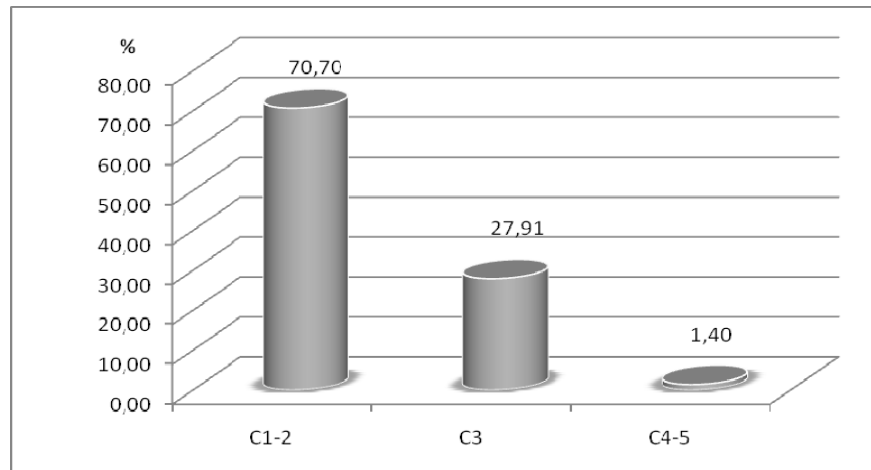


Figura 92. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

Relativamente à rugosidade, a percentagem mais significativa (ca. 51%) é do tipo R_{1-2} , descontinuidades lisas a algo rugosas, havendo também uma percentagem importante (ca. 45%), classificadas como algo rugosas, R_3 (figura 93).

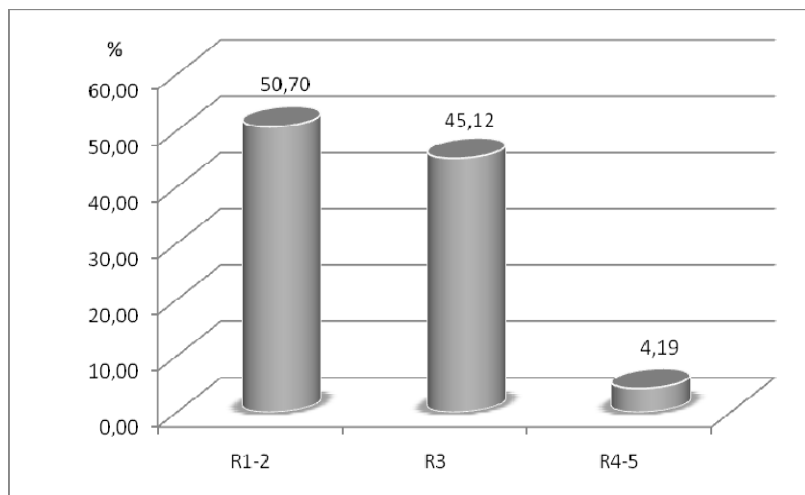


Figura 93. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Enchimento

Quanto ao enchimento, este não está presente na maioria (ca. 96%) das descontinuidades. No entanto, quando este existe é sobretudo do tipo rocha/rocha esmagada (figura 94).

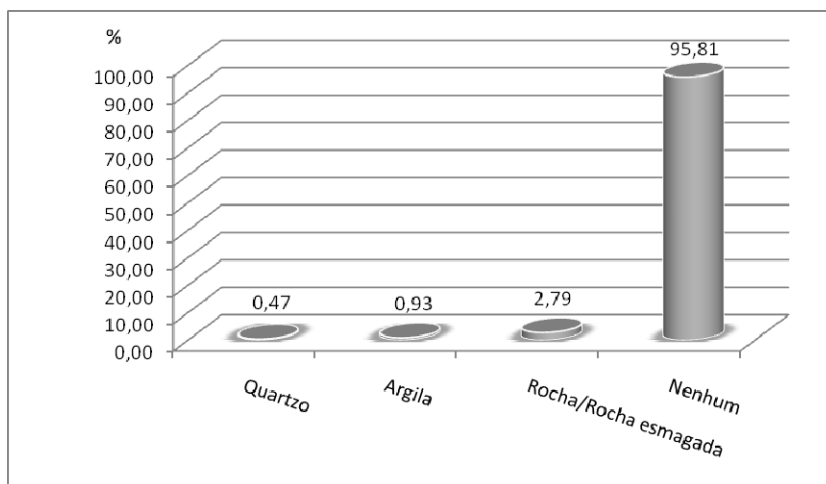


Figura 94. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Quanto à presença de água, está-se perante um maciço totalmente seco.

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

Por último, no que se refere à resistência à compressão simples, as 24 estações geomecânicas realizadas nas descontinuidades (figura 95), permitem classificar o maciço como sendo de resistência elevada (S_2).

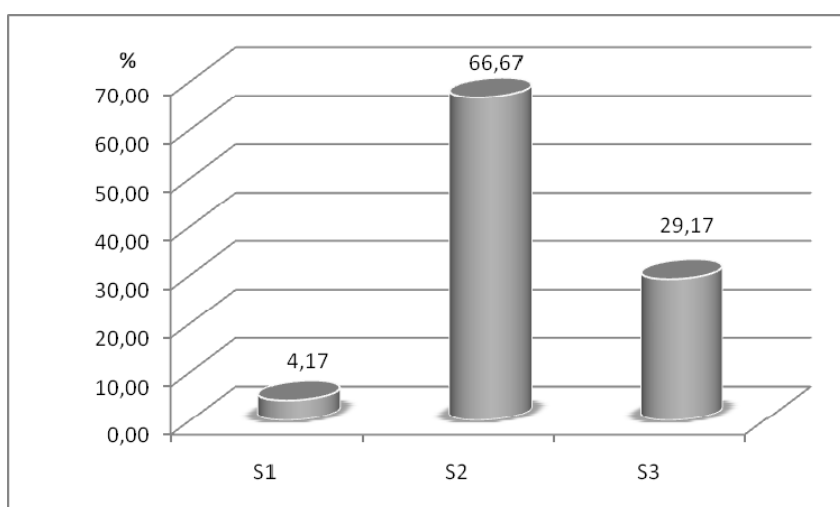


Figura 95. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (material-rocha)

Tal como nas descontinuidades, as 18 estações geomecânicas elaboradas no material-rocha conduziram, igualmente, a um maciço de resistência elevada (S_2), (figura 96).

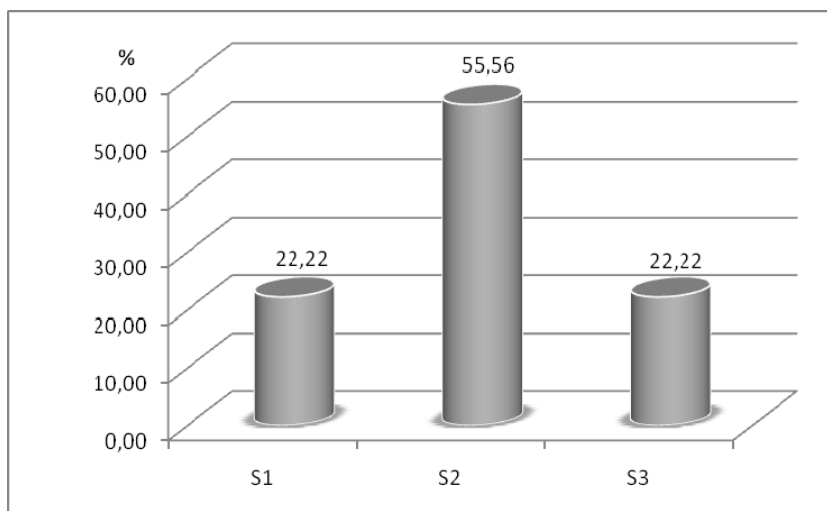


Figura 96. Resistência à compressão simples realizada no maciço, correspondente ao material-rocha do Afloramento 5 – Rua do Cabedelo (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

3.6.3.6. Afloramento 6 – Avenida Deocleciano Monteiro

Este afloramento corresponde apenas a um talude (figuras 97 e 98, Anexo I.VII), onde foram registadas 63 descontinuidades e realizadas 8 estações geomecânicas nas descontinuidades. Aqui, não foi possível efectuar nenhuma estação geomecânica no material-rocha, pelo facto de este se encontrar superficialmente muito alterado a decomposto. Assim, nestas circunstâncias o maciço não oferece resistência ao impacto transmitido pelo esclerómetro e daí não se conseguir obter valores de ressalto (R) e consequentemente, valores de resistência à compressão simples.



Figura 97. Localização do Afloramento 6 (imagem adaptada do Google Earth Pro).



Figura 98. Aspecto geral do Afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Uma vez que este afloramento tem um traçado curvilíneo, foi necessário usar linhas de amostragem lineares “quebradas” em vários trechos com as seguintes orientações: N67°E, N167°E, N148°E, N113°E e N82°E (figura 99).

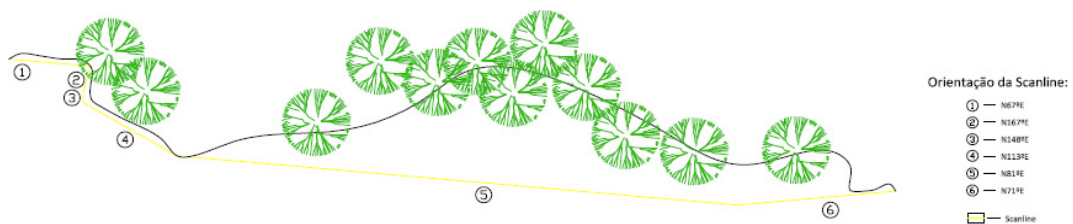


Figura 99. Esquema do método da linha de amostragem linear (*scanline*) “quebrada” utilizada no afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

A litologia presente neste afloramento é descrita como granito de Lavadores, que se apresenta arenizado (figura 100). Apesar do talude possuir uma extensão de 57 metros, não foi possível cartografá-lo em toda a sua extensão, porque no intervalo 3,60-8,00 metros, encontravam-se raízes de eucalipto na rocha e, no intervalo 20,00-47,50 metros, o talude encontrava-se totalmente coberto por vegetação, de maneira que o acesso não foi possível.

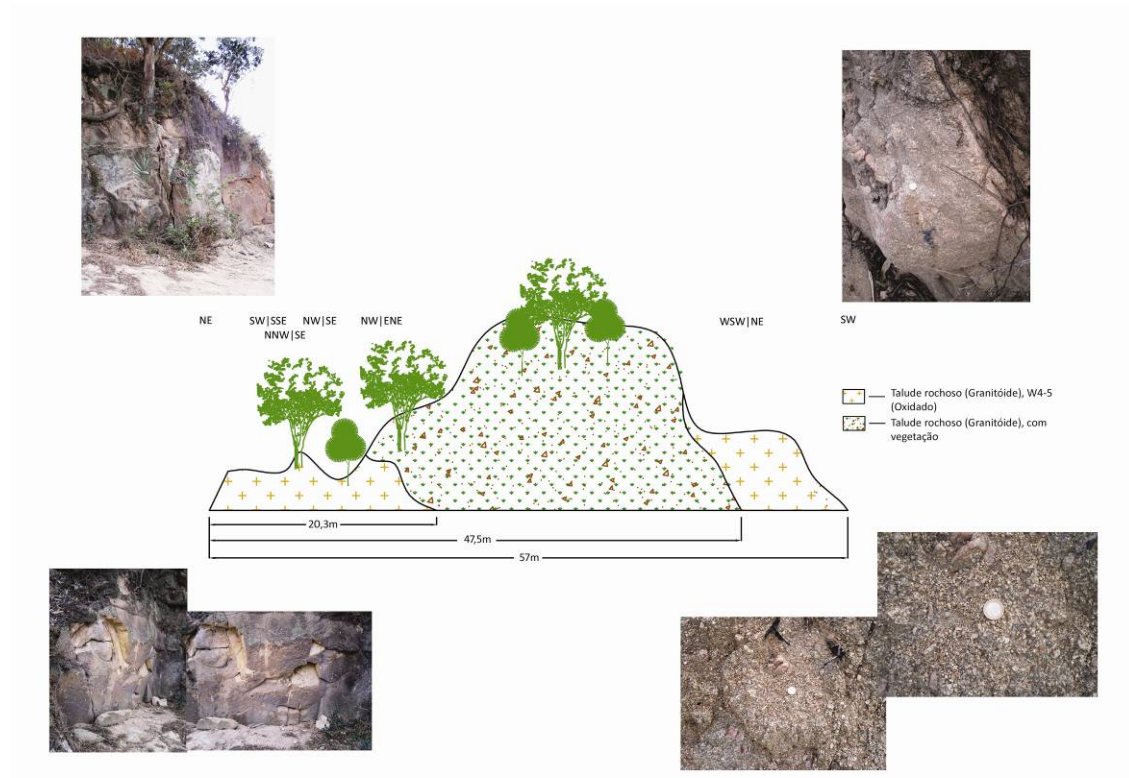


Figura 100. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características deste afloramento (Quadro 22).

Quadro 22. Parâmetros geotécnicos – geomecânicos do talude que constitui o Afloramento 6 - Av. Deocleciano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF6				
Grau Alteração	W ₁₋₂		W ₃	W ₄₋₅	
	-		19,05%	80,95%	
Estado de fraturação					
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diaclase		
	17,46%		82,54%		
Famílias Principais	N 0°-10° E → 50°-70° NW		N 50°-70° E → 70°-90° SE/NW		N 130°-150° E → 50°-70°SW
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta
	61,90%		28,57%		9,52%
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅
	20,63%		31,75%		47,62%
Continuidade	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.	Cont.	Mt. Cont.
	42,86%	42,86%	14%	-	-
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura
	9,52%		46,03%		44,44%
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅
	68,25%		26,98%		4,76%
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅
	31,75%		68,25%		-
Enchimento	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	-	1,59%	3,17%	1,59%	93,65%
P. Água	Sim		Não		
	-		100,00%		
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Descontinuidades	12,50%	25,00%	62,50%	-	-
Maciço	-	-	-	-	-

Grau de alteração

Segundo a classificação da ISRM (1978, 1981, 1985, 2004) e da GSE (1995), o grau de alteração deste afloramento é, na sua maioria (ca. 81%) W_{4-5} , ou seja, um maciço rochoso muito a completamente alterado. Os restantes 19% dizem respeito a um grau de alteração W_3 , maciço rochoso moderadamente alterado (figura 101).

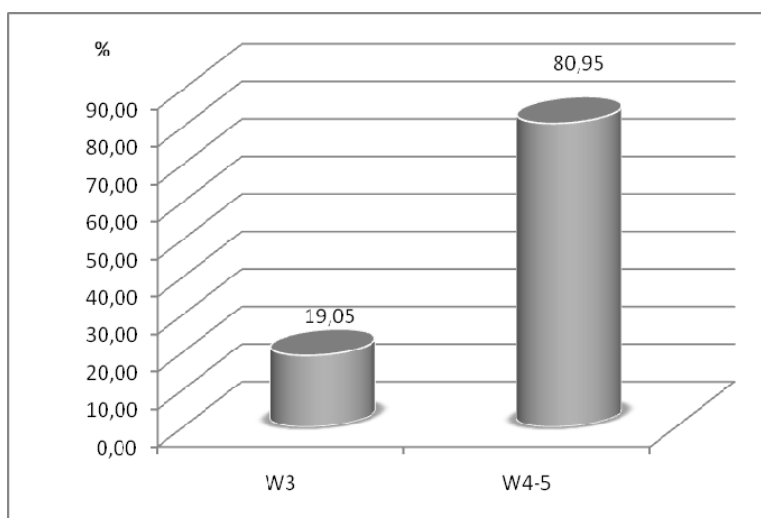


Figura 101. Grau de alteração do maciço do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

Estado da fracturação

Pela análise da figura 102, constata-se que, também neste afloramento, a grande maioria (ca. 82%), das discontinuidades são diaclases, e apenas menos de um quinto (ca. 18%) dos planos cartografados são falhas.

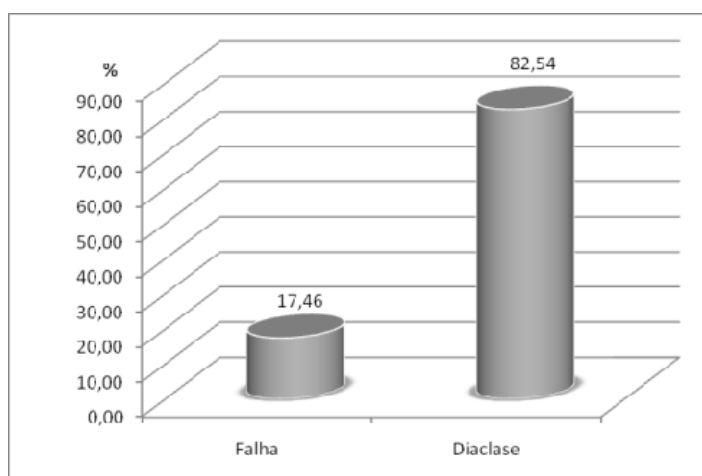


Figura 102. Tipos de discontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

Através dos diagramas estruturais salientam-se três famílias principais de descontinuidades: a família N0°-10°E, com inclinações que oscilam entre 50°-70° para o quadrante NW; a família N50°-70°E com inclinações que oscilam entre 70°-90° para os quadrantes SE/NW e a família N130°-150°E com inclinações que oscilam entre 50°-70° para o quadrante SW, (figura 103).

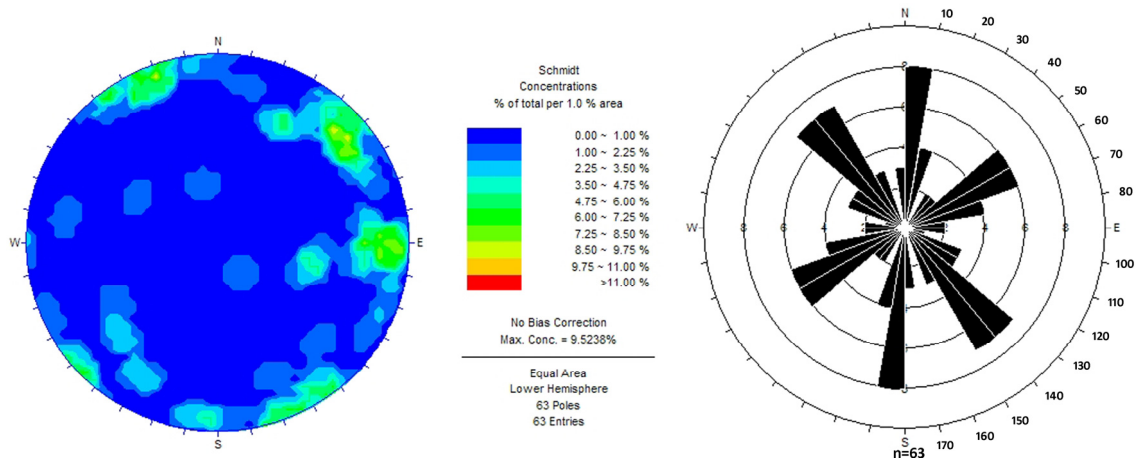


Figura 103. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=63) do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

Abertura

Aproximadamente dois terços das descontinuidades (*ca.* 62%), surgem fechadas, sendo que os demais – cerca de 29% e de 10% – qualificam a abertura dos restantes planos como abertas e muito abertas, respectivamente (figura 104).

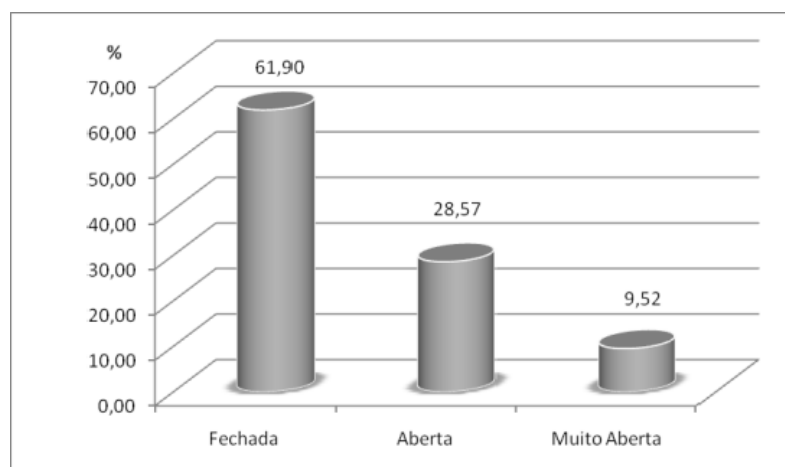


Figura 104. Abertura das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

O espaçamento caracteriza-se pela ocorrência, de um modo decrescente, de descontinuidades próximas, F_{4-5} (ca. 47%), medianamente afastadas, F_3 (ca. 32%) e afastadas, F_{1-2} (ca. 21%), (figura 105).

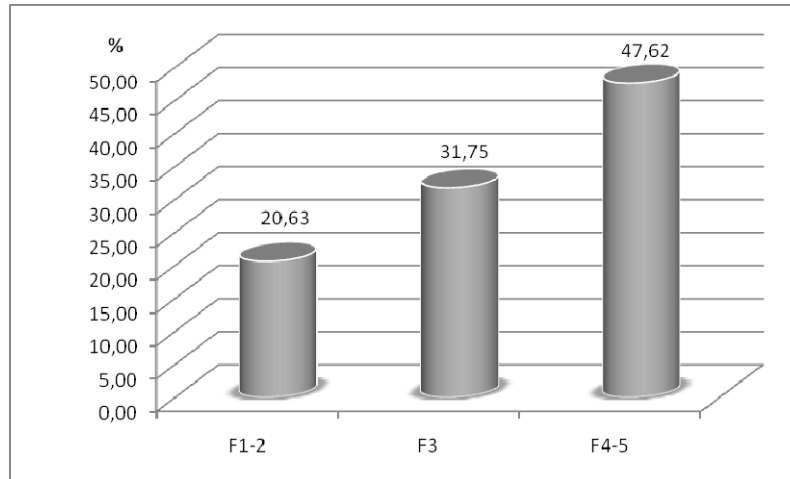


Figura 105. Espaçamento das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Relativamente a este parâmetro, tal como ilustra a figura 106, destacam-se as classes “Muito pouco contínua” e “Pouco contínua”, com valores iguais de cerca de 43%, enquanto que os restantes 14% se apresentam como medianamente contínuas (3-10m).

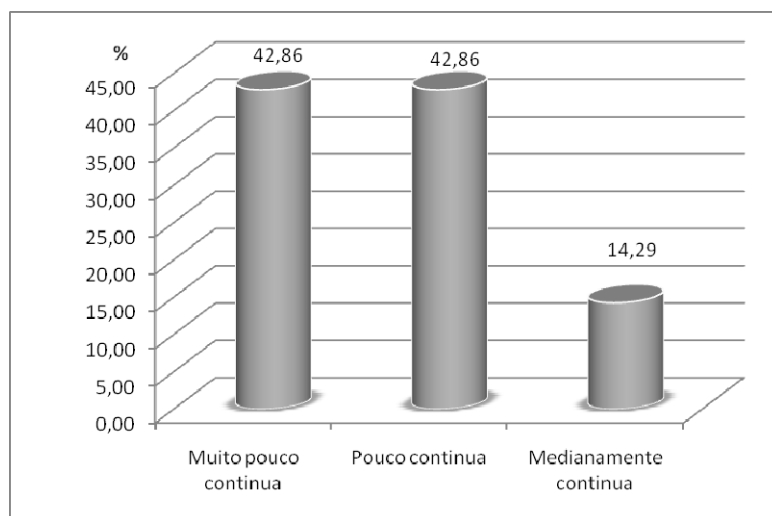


Figura 106. Continuidade das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Terminação

Apenas uma pequena fracção (ca. 10%), das descontinuidades se caracterizam por terminarem em rocha (R), distribuindo-se assim as demais pelas terminações em descontinuidade (D) (ca. 46%) e obscura (O) (ca. 44%), (figura 107).

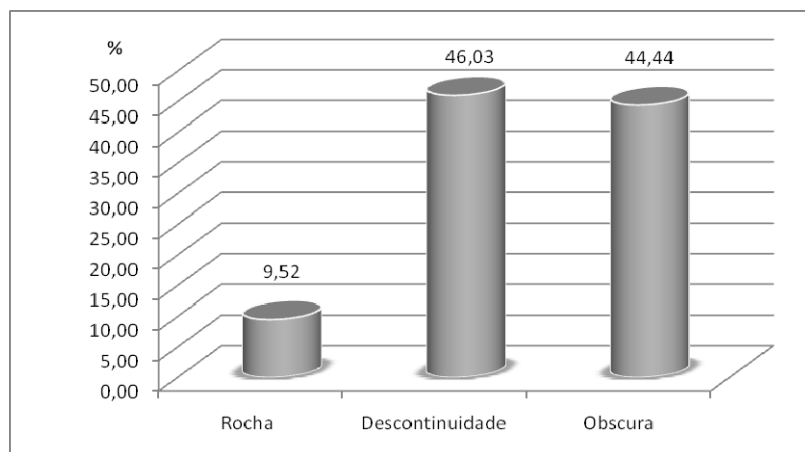


Figura 107. Terminação das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Verifica-se, pela análise da figura 108, que maioritariamente (ca. 68%), os planos de descontinuidade se apresentam como lisos a pouco curvos (C_{1-2}). Apesar disto, existe uma porção representativa (ca. 27%), de planos algo curvos (C_3) e uma pequena parcela (ca. 5%), de planos classificados como C_{4-5} , que dizem respeito a descontinuidades muito curvas.

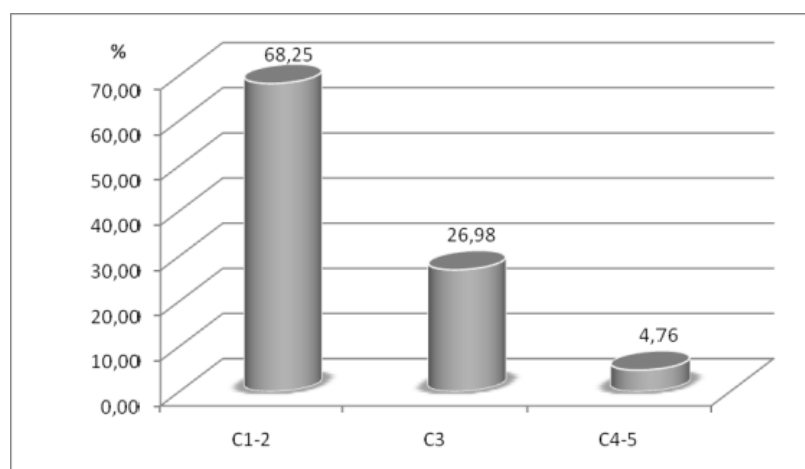


Figura 108. Curvatura das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

Neste afloramento, as descontinuidades, na sua maioria, apresentam uma rugosidade do tipo R_3 , ou seja, algo rugosas (ca. 68%), enquanto que os restantes planos (ca. 32%) apresentam uma rugosidade do tipo R_{1-2} , i.e., descontinuidades lisas a algo rugosas (figura 109).

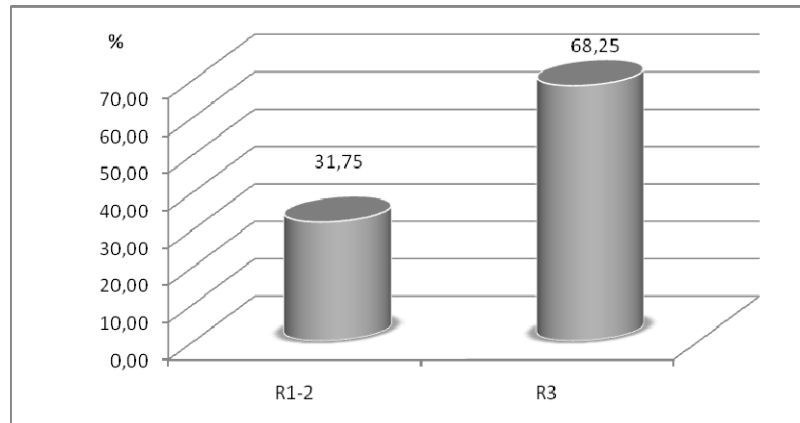


Figura 109. Rugosidade das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Enchimento

Igualmente neste afloramento, a grande parcela (ca. 94%) das descontinuidades não apresenta qualquer enchimento. Contudo, quando existe preenchimento este pode ser de três tipos: rocha/rocha esmagada, argila ou vegetação/raízes/matéria orgânica (figura 110).

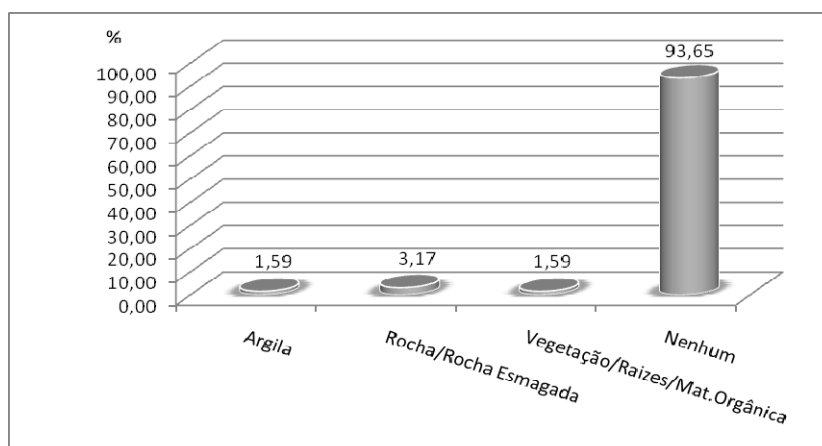


Figura 110. Enchimento das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Presença de Água

Apesar de neste afloramento existir vegetação, por vezes intensa, aquando dos levantamentos não havia presença de água.

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

De modo geral, o afloramento tem uma resistência à compressão simples, nas paredes das descontinuidades, que se situa entre 20 e 60MPa (figura 111), representando este intervalo cerca de 62% do total, permitindo classificar o maciço como medianamente resistente (S_3). Um quarto dos resultados obtidos classifica-se como S_2 – resistência elevada. Com um valor, de aproximadamente, 12%), situam-se as descontinuidades que oferecem uma resistência muito elevada (S_1).

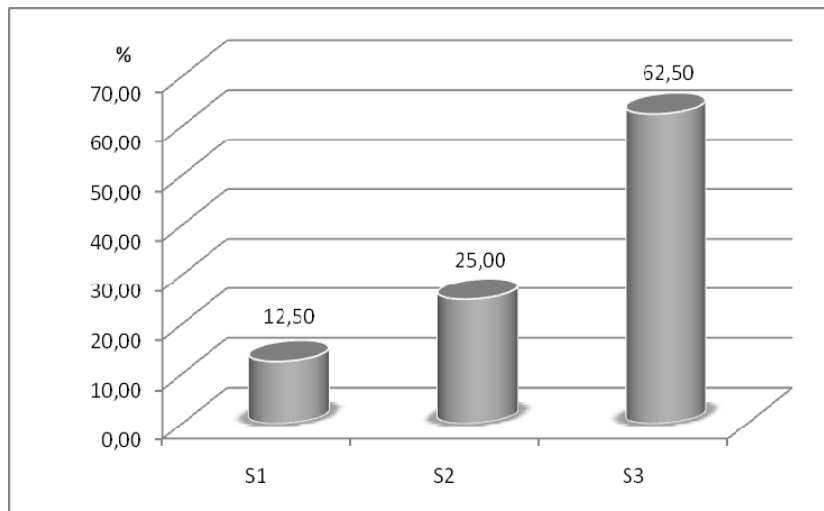


Figura 111. Resistência à compressão simples das descontinuidades do Afloramento 6 – Av. Deoclesiano Monteiro (Canidelo - Vila Nova de Gaia).

3.6.3.7. Afloramento 7 – Praia de Lavadores

No que toca à litologia, estamos na presença do granito de Lavadores, isto é, um granito porfiróide, de grão grosseiro, predominantemente biotítico, com megacristais de feldspato e enclaves (Teixeira, 1970; Chaminé, 2000).

Por uma questão de simplicidade e um estudo mais rigoroso dividimos este afloramento em duas partes. A primeira parte apresenta uma extensão de 35 metros, subdividida num talude com 10,90 metros de extensão (figura 114) e em dois afloramentos rochosos da praia (“Lage 1” e “Lage 2”), um com uma extensão de 13,7 metros (figura 115) e outro com 11,20 metros (figura 116). No

primeiro caso, foi necessário “quebrar” a linha de amostragem (*scanline*) em duas: uma com orientação N72°E e outra com N26°E. Nos restantes dois afloramentos, os levantamentos foram efectuados com a *scanline* numa superfície planificada, como demonstra as figuras 115 e 116. A segunda parte do afloramento, possui uma extensão de 20,70 metros e aqui, igualmente, os levantamentos foram efectuados com a *scanline* numa superfície planificada (figura 127), (Anexo I.VIII).



Figura 112. Localização do Afloramento 7 (imagem adaptada do *Google Earth Pro*).

Na primeira parte do afloramento, foram registadas 41 descontinuidades e realizadas 24 estações geomecânicas, das quais 13 nas superfícies das descontinuidades e 11 no material-rocha. Na segunda parte do afloramento, pelo facto do maciço ser menos extenso, apenas foram cartografadas 23 descontinuidades e realizadas 12 estações geomecânicas, desta feita, 7 nas descontinuidades e 5 no material-rocha.

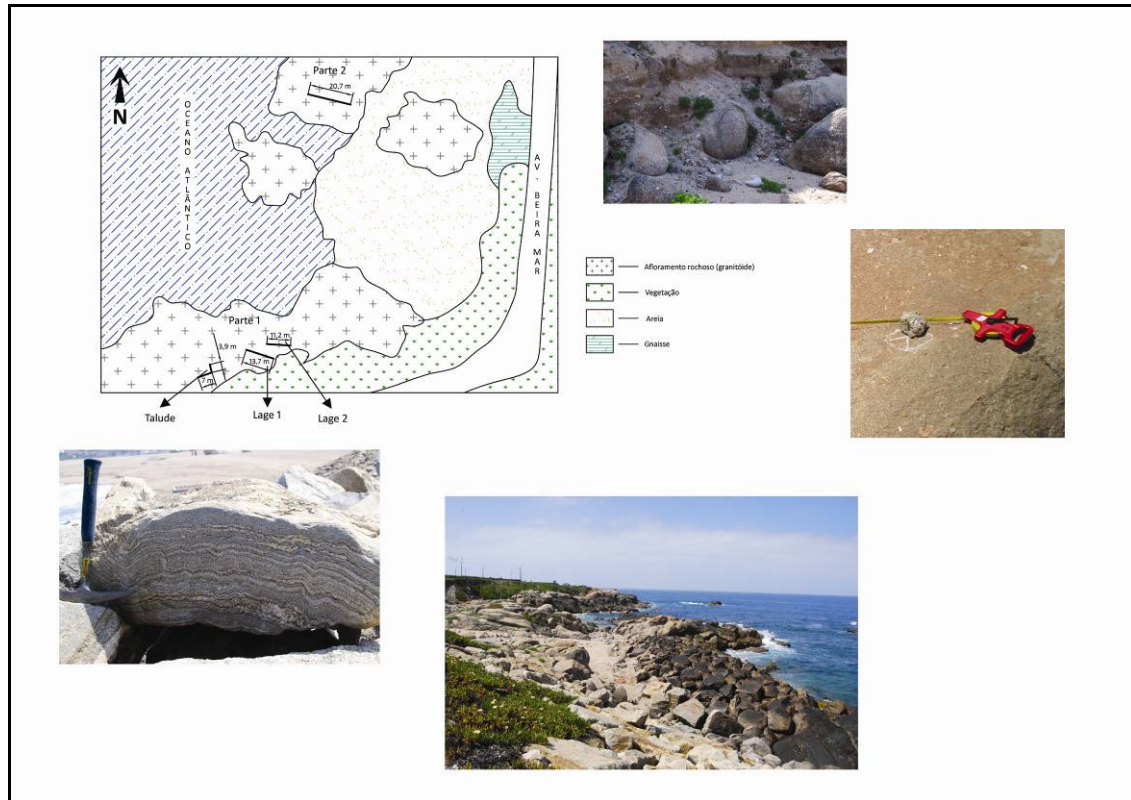


Figura 113. Esboço representativo e algumas características do Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características para cada um dos afloramentos que constituem o afloramento 7 (Quadro 23).

Quadro 23. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos de cada um dos afloramentos que constituem o Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF7.1					AF7.2					AF7.3				
Grau Alteração	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅	W ₁₋₂		W ₃		W ₄₋₅
	100%		-		-	100%		-		-	100%		-		-
Estado de fraturação															
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diacase			Falha		Diacase			Falha		Diacase		
	38,50%		61,50%			26,00%		74,00%			22,00%		78,00%		
Famílias Principais	N 140°-150° E → 65°-85° NE					N 60°-70° E → 75°-90° SE/NW		N 140°-150° E → 65°-85° SW			N 130°-140° E → 70°-90° NW/SE				
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	Fechada		Aberta		Mt. Aberta
	38,00%		15,00%		46,00%	37,00%		26,00%		37,00%	45,00%		22,00%		33,00%
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅
	54,00%		31,00%		15,00%	47,00%		26,00%		27,00%	67,00%		33,00%		-
Continuidade	M.P. Cont.	P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.	P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.	M.P. Cont.	P. Cont.	M. Cont.	Cont.	Mt. Cont.
	100,00%	-	-	-	-	100,00%	-	-	-	-	100,00%	-	-	-	-
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura	Rocha		Descont.		Obscura	Rocha		Descont.		Obscura
	23,00%		23,00%		54,00%	16,00%		37,00%		47,00%	56,00%		-		44,00%
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅
	85,00%		15,00%		-	58,00%		42,00%		-	89,00%		11,00%		-
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅
	0,00%		54,00%		46,00%	5,00%		16,00%		79,00%	-		56,00%		44,00%
Enchimento	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum	Quartzo	Argila	R./R. Esm.	V./R./M. O.	Nenhum
	-	-	15,00%	-	85,00%	-	-	58,00%	-	42,00%	-	-	33,00%	-	67,00%
P. Água	Sim		Não			Sim		Não			Sim		Não		
	23,00%		77,00%			100,00%		-			11,00%		89,00%		
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Descontinuidades	-	100,00%	-	-	-	-	100,00%	-	-	-	-	100,00%	-	-	-
Maciço	50,00%	50,00%	-	-	-	-	100,00%	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-

Na sequência dos elementos apresentados no quadro anterior, apresenta-se de seguida o estudo dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos para a globalidade do afloramento 7.

Descrição da Parte 1

Apresenta-se de seguida a caracterização dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos para a Parte 1.



Figura 114. Aspecto geral do talude do Afloramento 7 (Parte 1) - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

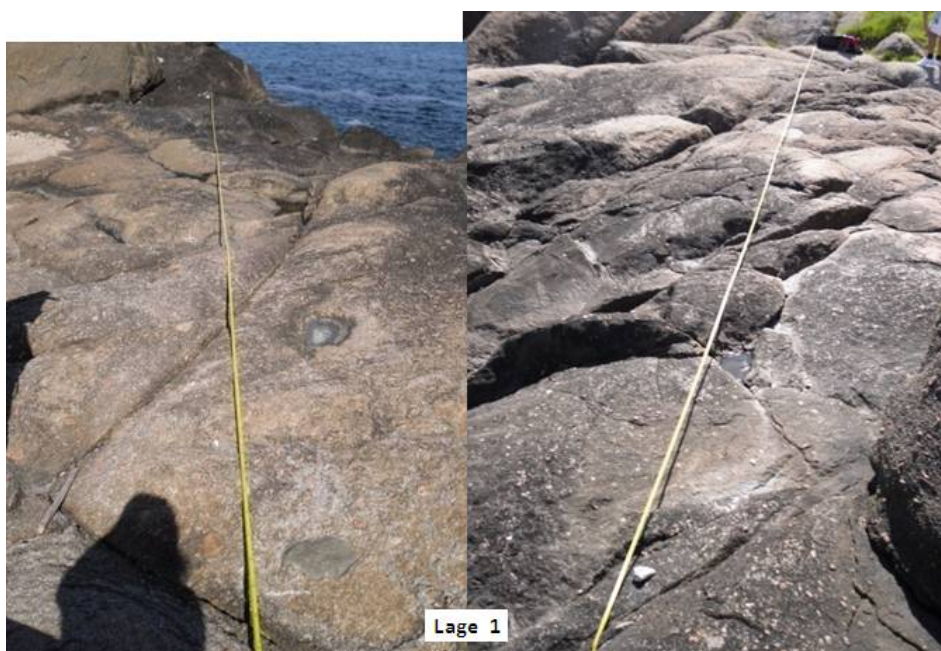


Figura 115. Aspecto de um dos afloramentos rochosos da praia ("Lage 1") do Afloramento 7, parte 1 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).



Figura 116. Aspecto de um dos afloramentos rochosos da praia ("Lage 2") do Afloramento 7, parte 1 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Grau de alteração

O maciço apresenta-se, na sua totalidade, são a pouco alterado (W_{1-2}).

Estado da fracturação

A maioria (ca. 71%) das 41 descontinuidades registadas corresponde a diaclases (figura 117).

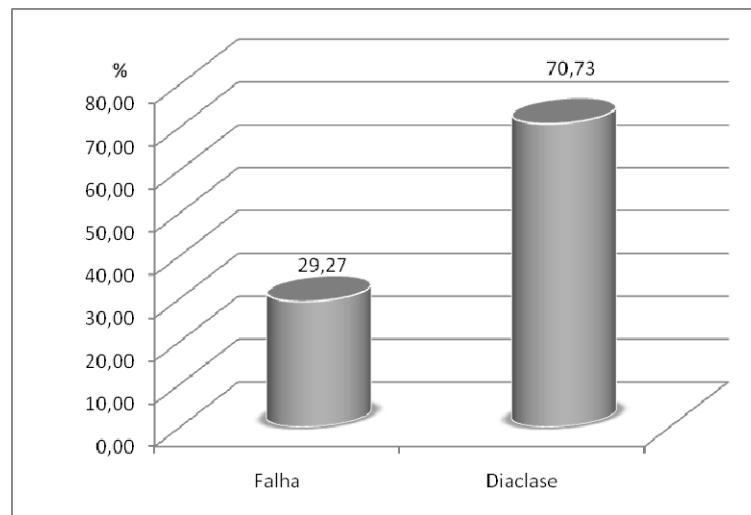


Figura 117. Tipos de descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

As famílias principais deste maciço correspondem à família $N130^{\circ}-160^{\circ}E$, destacando-se os azimutes $N140^{\circ}-150^{\circ}E$, com inclinações entre $65^{\circ}-85^{\circ}$ para o quadrante SW e a família $N50^{\circ}-70^{\circ}E$, com inclinações entre $80^{\circ}-90^{\circ}$ para o quadrante SE/NW (figura 118).

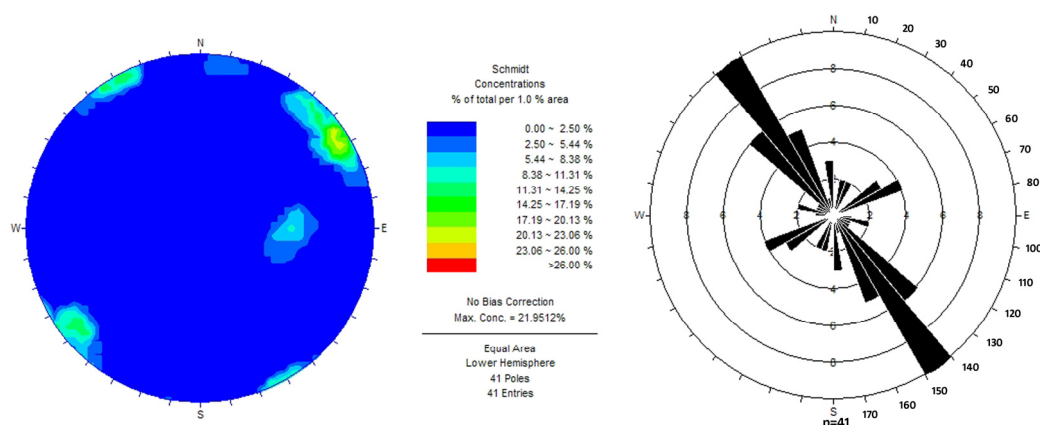


Figura 118. Diagramas de contorno estrutural e de rosetas relativos ao tratamento estatístico das descontinuidades (n=41) da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Abertura

Em termos de abertura, as descontinuidades variam entre fechadas (ca. 39%) e muito abertas (ca. 39%), havendo também uma percentagem significativa (ca. 22%), em que se apresentam abertas (figura 119).

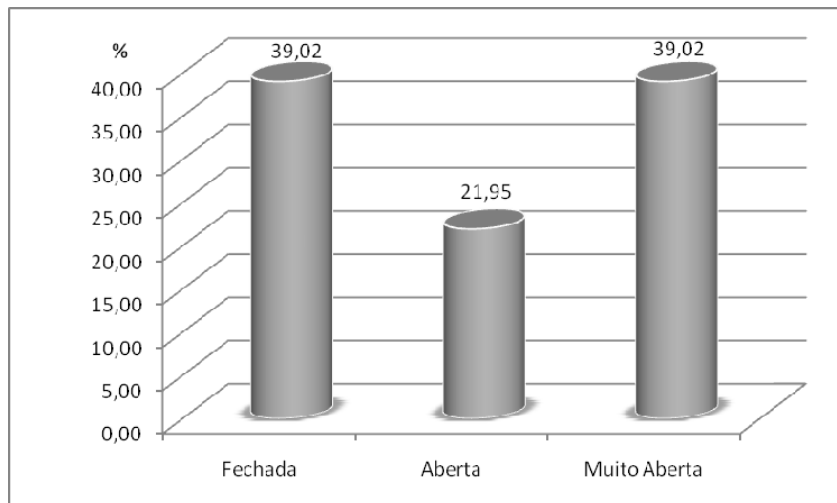


Figura 119. Abertura das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Relativamente ao espaçamento, este é, na sua maioria (ca. 54%), afastadas (F_{1-2}). Não é, no entanto, de descurar a percentagem (ca. 29%) que corresponde a espaçamentos F_3 , i.e., medianamente afastados e F_{4-5} , espaçamentos próximos (ca. 17%) (figura 120).

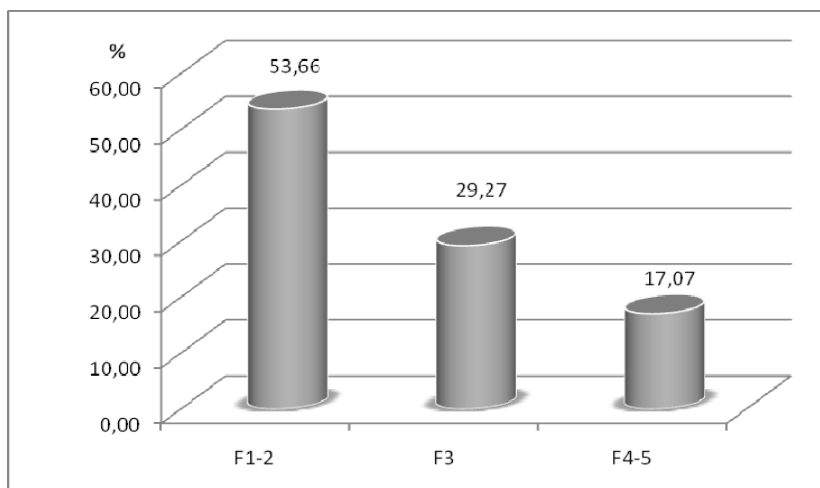


Figura 120. Espaçamento das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo – Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Relativamente à continuidade, as descontinuidades deste maciço são, na totalidade, muito pouco contínuas, ou seja, com comprimento inferior a 1 m.

Terminação

Quanto à terminação, esta apresenta-se muito equilibrada entre dois dos tipos propostos pela ISRM (1978, 1981): terminação “em rocha” (ca. 27%) e terminação “em descontinuidade” (ca. 24%), apresentando a terminação “obscura” a percentagem mais elevada (ca. 49%) (figura 121).

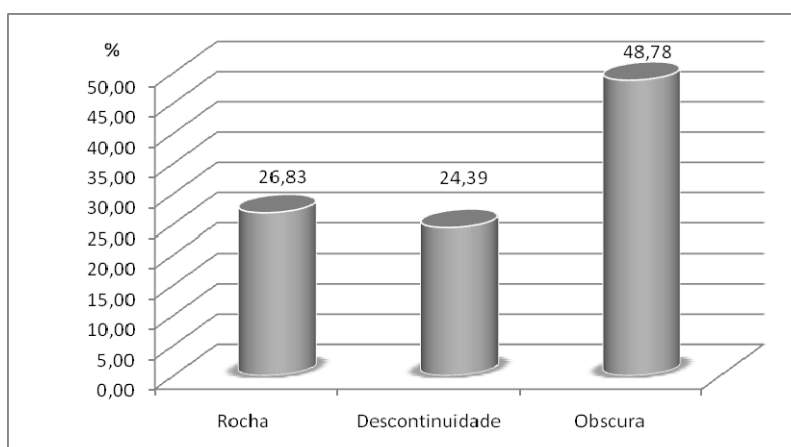


Figura 121. Terminação das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Relativamente à curvatura, esta é na sua maioria (*ca.* 73%) do tipo C_{1-2} , ou seja, corresponde a descontinuidades planas a algo curvas, não sendo de descurar a percentagem (*ca.* 27%) de descontinuidades curvas (C_3) (figura 122).

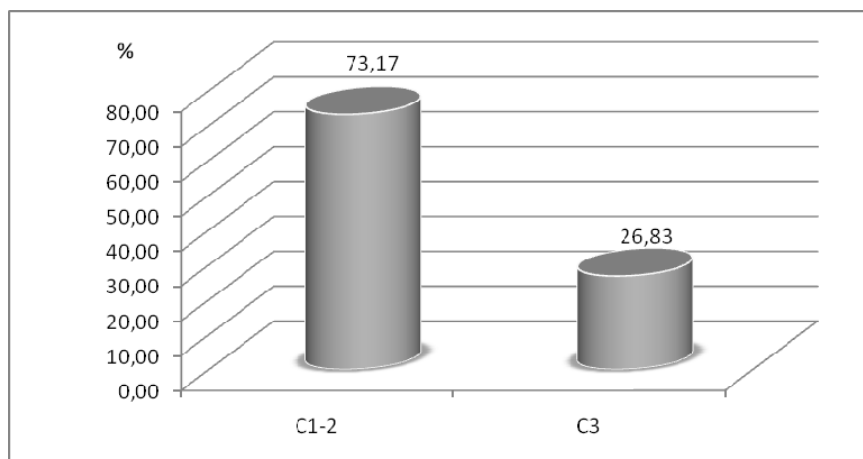


Figura 122. Curvatura das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

No que toca à rugosidade, as descontinuidades são, predominantemente (*ca.* 61%), R_{1-2} , designando-se por lisas a algo rugosas, ocorrendo, ainda, descontinuidades rugosas (R_3) numa percentagem significativa (*ca.* 37%) (figura 123).

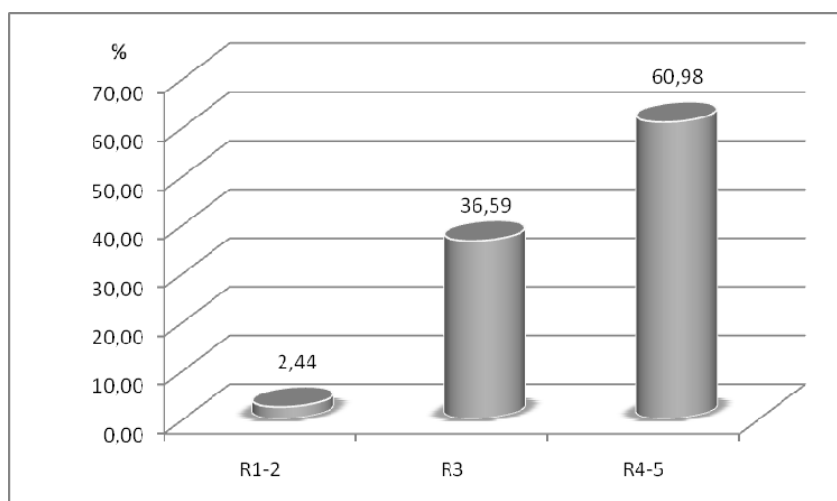


Figura 123. Rugosidade das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Enchimento

A maioria (ca. 61%) das descontinuidades deste maciço não apresenta enchimento, mas quando este existe corresponde a rocha/rocha esmagada (figura 124).

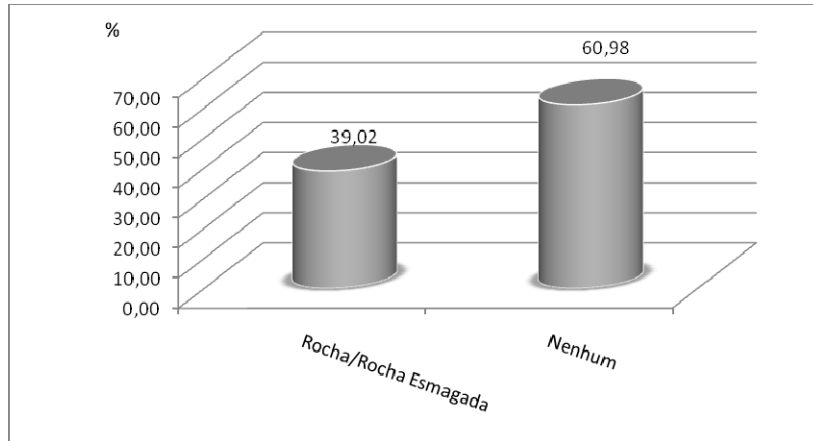


Figura 124. Enchimento das descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Na maioria das descontinuidades ocorre a presença de água (ca. 56%), sendo também importante referir a percentagem significativa em que estas se apresentam secas (ca. 44%) (figura 125).

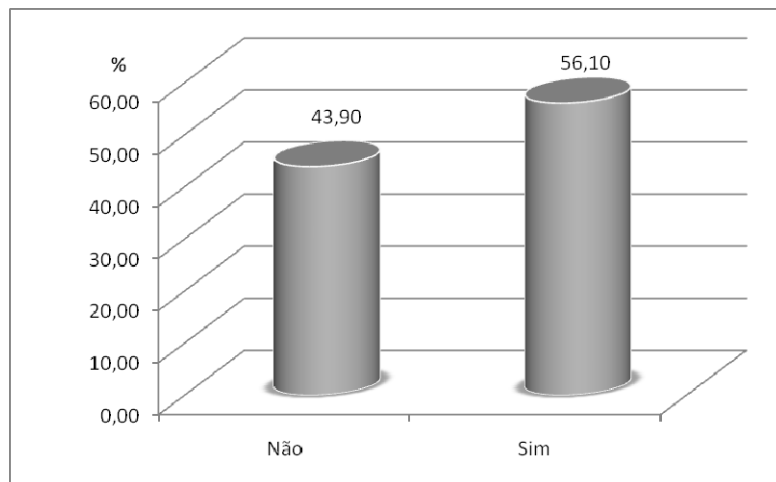


Figura 125. Presença de água nas descontinuidades da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples

No que se refere à resistência à compressão simples, nas 13 estações geomecânicas representativas deste maciço, as discontinuidades classificam-se, na sua totalidade, no tipo S_2 (*i.e.*, resistência elevada), com um valor médio de 197,6 MPa.

Relativamente aos ensaios esclerométricos realizados no material-rocha, os valores de resistência são próximos aos obtidos nas discontinuidades, classificando-se o material-rocha, na sua maioria, no tipo S_2 (ca. 64%). Contudo, cerca de 36% dos valores classificam o material-rocha de resistência muito elevada (S_1) (figura 126).

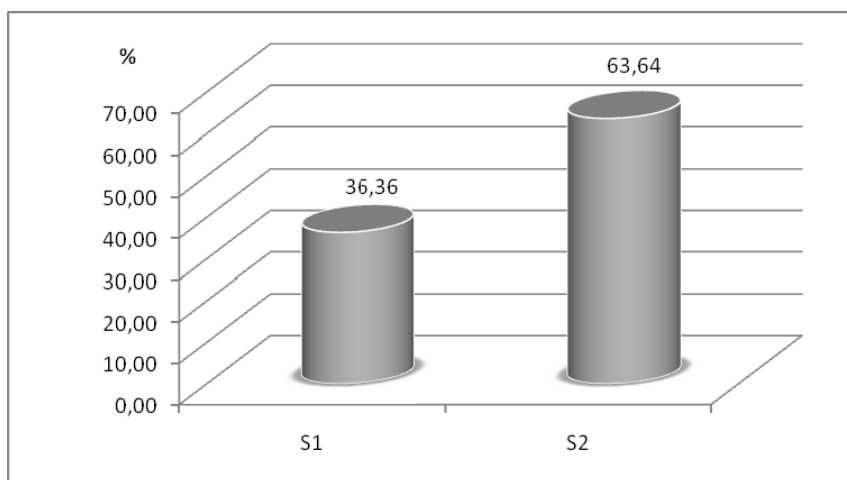


Figura 126. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha da parte 1 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Descrição da Parte 2

Apresenta-se de seguida a caracterização dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos para a Parte 2. Na figura 127 ilustram-se aspectos do maciço correspondente.



Figura 127. Aspecto geral da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Seguidamente, é apresentado um quadro resumo, das principais características desta parte do afloramento (Quadro 24).

Quadro 24. Parâmetros Geotécnicos – Geomecânicos dos afloramentos que constituem a parte 2 do Afloramento 7 - Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Parâmetro	AF7.4					
Grau Alteração	W ₁₋₂	W ₃		W ₄₋₅		
	100%	-		-		
Estado de fracturação						
Tipo de Descontinuidade	Falha		Diaclase			
	34,78%		65,22%			
Famílias Principais	N 140°-150° E → 65°-85° NE					
Abertura	Fechada		Aberta		Mt. Aberta	
	4,35%		65,22%		30,43%	
Espaçamento	F ₁₋₂		F ₃		F ₄₋₅	
	43,48%		43,48%		13,04%	
Continuidade	M.P. Cont.	P.Cont.	M.Cont.		Cont.	Mt. Cont.
	100,00%	-	-		-	-
Terminação	Rocha		Descont.		Obscura	
	30,43%		43,48%		26,09%	
Curvatura	C ₁₋₂		C ₃		C ₄₋₅	
	73,91%		21,74%		4,35%	
Rugosidade	R ₁₋₂		R ₃		R ₄₋₅	
	39,13%		47,83%		13,04%	
Enchimento	Quartzo	Argila	R./R. Esm.		V./R./M. O.	Nenhum
	-	-	65,22%		-	34,78%
P. Água	Sim		Não			
	91,30%		8,70%			
R. Comp. Simples	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	
Descontinuidades	14,29%	85,71%	-	-	-	
Maciço	20,00%	80,00%	-	-	-	

Grau de alteração

O maciço encontra-se em toda a sua extensão são a pouco alterado (W_{1-2}).

Estado de fracturação

Das 23 descontinuidades registadas, a maioria (ca. 65%), são diaclases. No entanto, a percentagem de falhas também é significativa (ca. 35%) (figura 128).

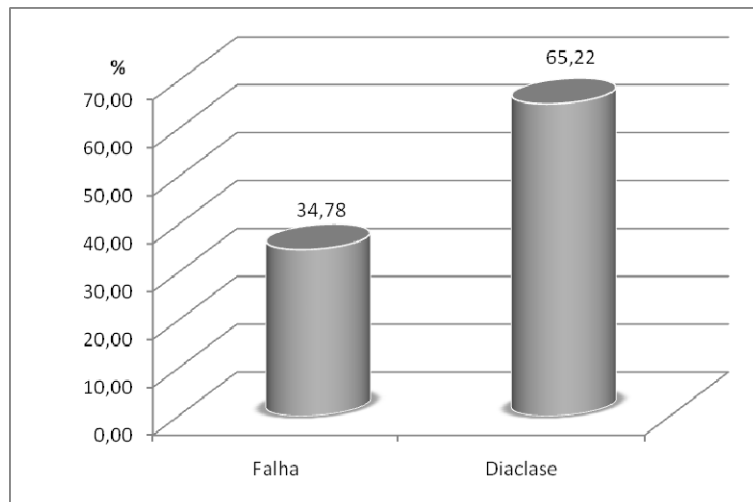
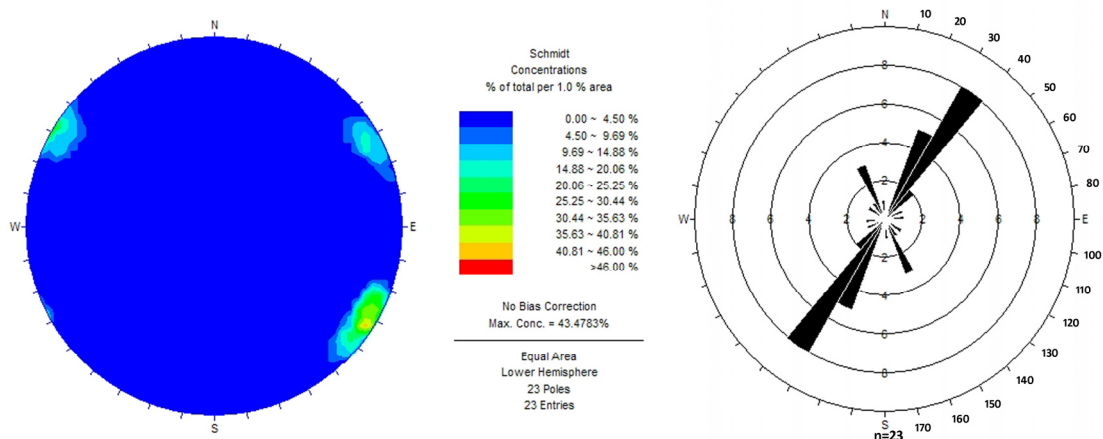


Figura 128. Tipos de descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

No que se refere às famílias de descontinuidades, destacam-se as orientações $N20^{\circ}$ - 40° E com inclinações entre 70° - 85° para o quadrante NW e $N150^{\circ}$ - 160° E, com inclinações entre 75° - 90° para o quadrante SW/NE, como se pode verificar nos diagramas estruturais da figura 129.



Abertura

Em termos de abertura, predominam as descontinuidades abertas, i.e., com aberturas entre 0,5-10mm, (figura 130).

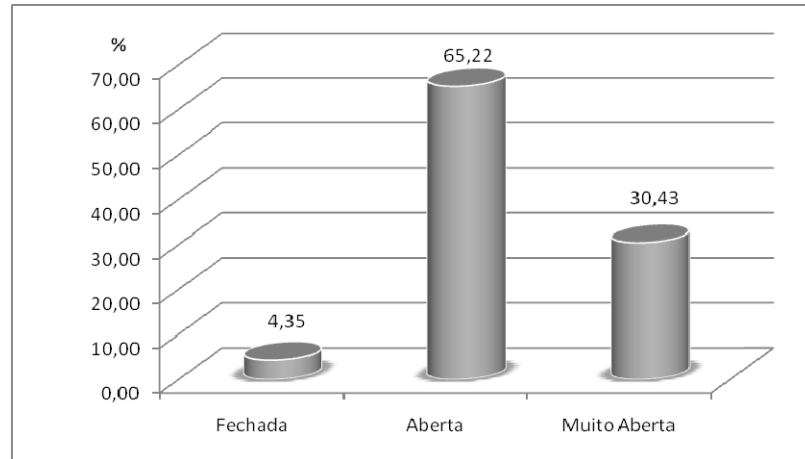


Figura 130. Abertura das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Espaçamento

Quanto ao espaçamento (figura 131) as descontinuidades classificam-se de muito afastadas (F_{1-2}) a medianamente afastadas (F_3).

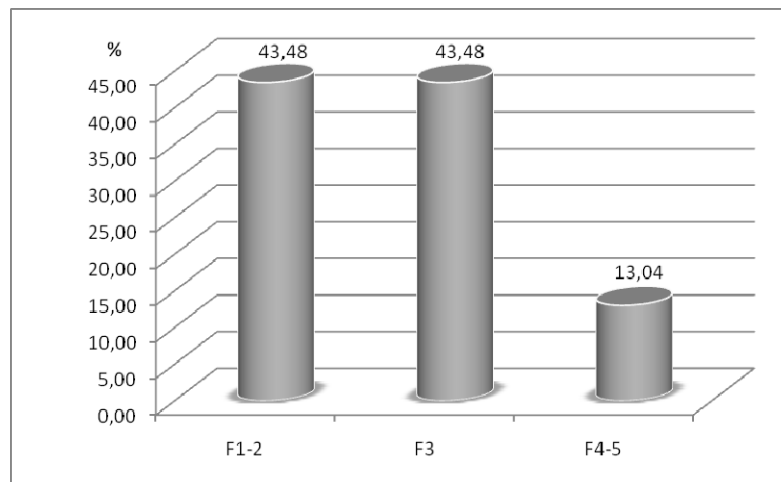


Figura 131. Espaçamento das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Continuidade

Em termos de continuidade, todas as descontinuidades são muito pouco contínuas, ou seja, com comprimento inferior a 1 m.

Terminação

Em termos de terminação, a maioria (ca. 44%) das descontinuidades termina numa “descontinuidade” (figura 132).

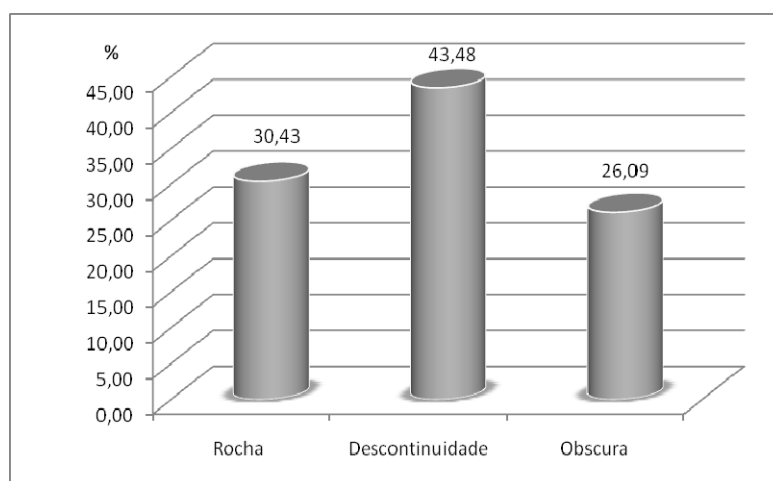


Figura 132. Terminação das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Curvatura

Quanto à curvatura, as descontinuidades são na sua maioria planas, ou seja, do tipo C_{1-2} (figura 133).

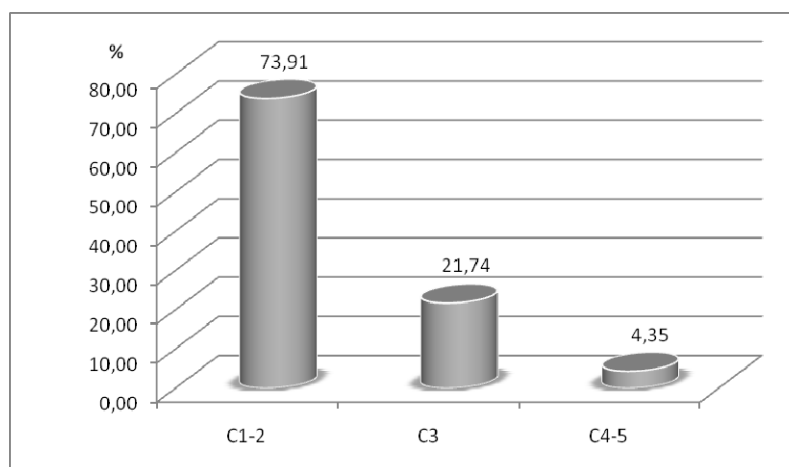


Figura 133. Curvatura das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Rugosidade

Relativamente à rugosidade, a maioria das descontinuidades foram classificadas como rugosas, R_3 , sendo de salientar cerca de 39% das descontinuidades que se apresentam como lisas a algo rugosas (figura 134).

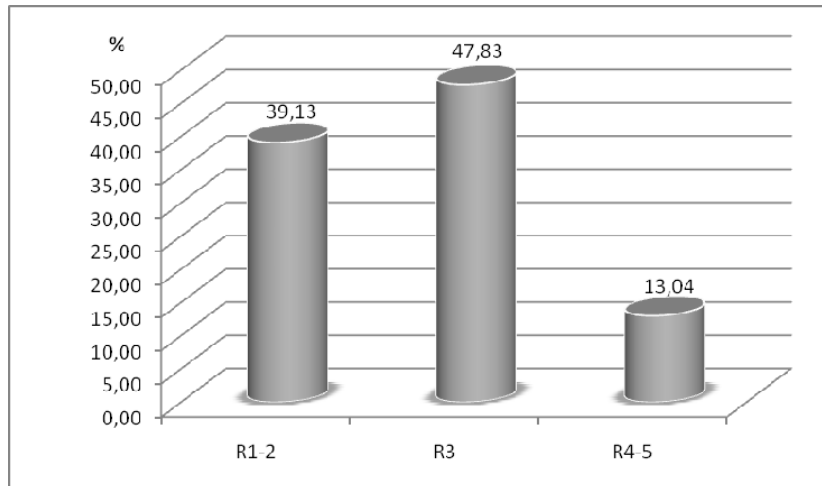


Figura 134. Rugosidade das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Enchimento

Quanto ao enchimento, a maioria das descontinuidades apresenta-o do tipo rocha/rocha esmagada (figura 135).

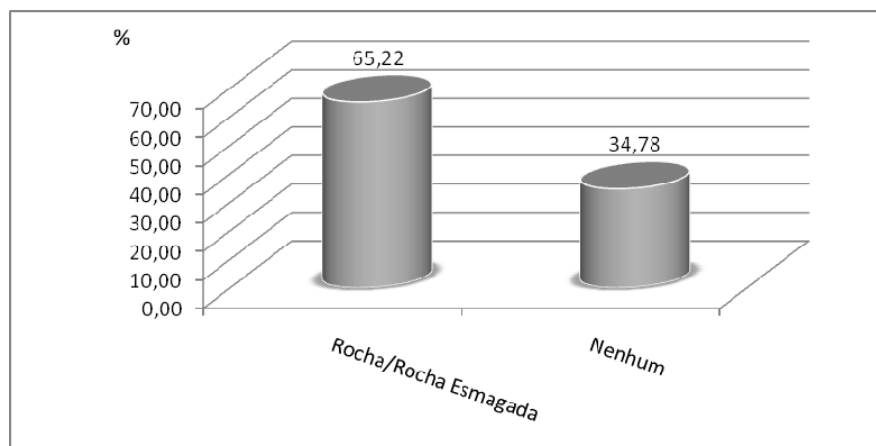


Figura 135. Enchimento das descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Presença de água

Quanto à presença de água, a quase totalidade (ca. 91%) do maciço apresenta-se húmido (figura 136).

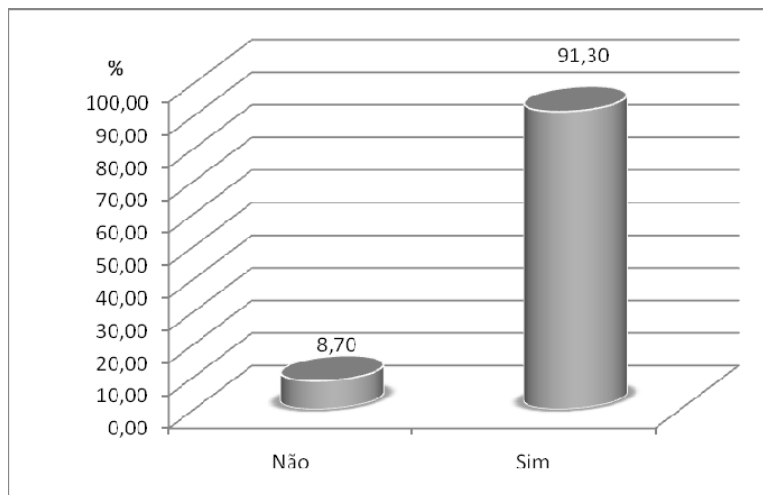


Figura 136. Presença de água nas descontinuidades da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (descontinuidades)

Por último, no que se refere à resistência à compressão simples, estamos perante um maciço de resistência elevada (S_2), segundo os ensaios realizados nas descontinuidades (figura 137).

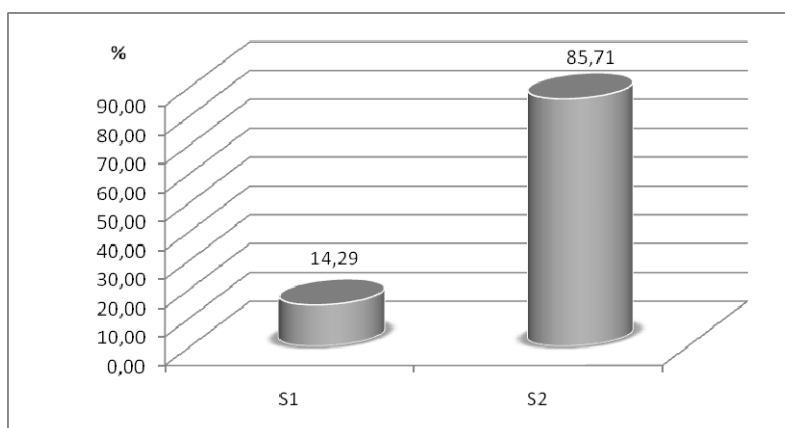


Figura 137. Resistência à compressão simples das descontinuidades da parte 2 do Afloramento – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

Resistência à compressão simples (material-rocha)

Igualmente, os ensaios realizados no material-rocha, permitem classificá-lo de resistência elevada (S_2), (figura 138).

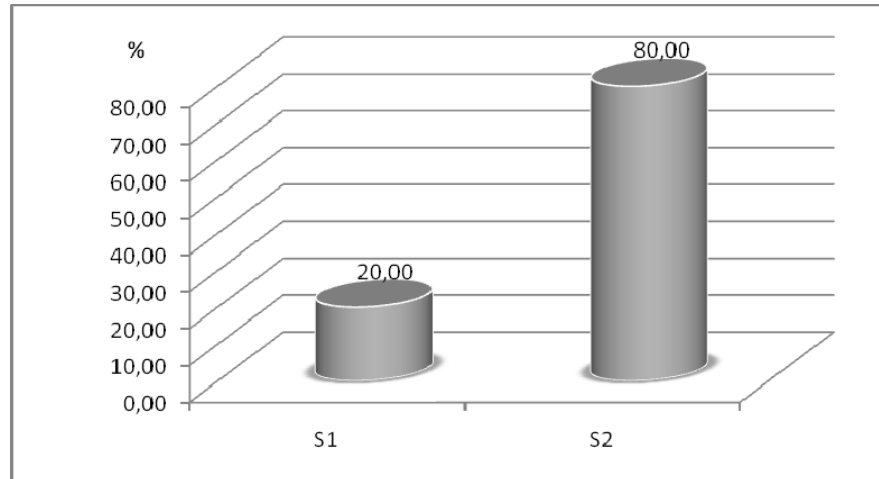


Figura 138. Resistência à compressão simples realizada no material-rocha da parte 2 do Afloramento 7 – Praia de Lavadores (Canidelo, Vila Nova de Gaia).

O quadro 25 sintetiza os dados dos parâmetros geotécnicos – geomecânicos dos sete afloramentos rochosos estudados (Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo).

Quadro 25. Síntese dos parâmetros geotécnicos e geomecânicos relativos aos sete afloramentos estudados.

AFLORAMENTO	1 - Rua Dr António Granjo					2 - Caís Lugan					3 - Rua da Praia					4 - Rua Abílio de Azevedo					5 - Rua do Cabedelo					6 - Av. Deocleśiano Monteiro					7 - Praia de Lavadores											
Litologia	Granito de grão médio, duas micas					Granito de grão fino, moscovítico, com foliação tectónica					Granito de grão fino, moscovítico, com foliação tectónica					Micro-granito, grão muito fino, bastante oxidado; Xisto luzente					Granito de grão grosseiro, duas micas, essencialmente biotítico, porfiróide (megacristais de ortoclase)					Granito de grão grosseiro, duas micas, essencialmente biotítico, porfiróide (megacristais de ortoclase), arenizado					PARTE 1 Granito de grão grosseiro, duas micas, essencialmente biotítico, porfiróide (megacristais de ortoclase)				PARTE 2 Granito de grão grosseiro, duas micas, essencialmente biotítico, porfiróide (megacristais de ortoclase)							
Grau de Alteração	W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅									
	-	100%	-			7,40%	92,60%	-			68,18	29,55%	2,27%			43,76	56,64%	-			60,00%	33,02%	6,98%			-	19,05%	80,95%			100%	-	-			100%	-	-				
Grau de Fracturação																																										
Tipo de descontinuidade	Falha 13,25%	Diadase 86,75%				Falha 22,19%	Diadase 77,81%				Falha 17,42%	Diadase 82,58%				Falha 21,41%	Diacfase 78,59%				Falha 36,28%	Diadase 63,72%				Falha 17,46%	Diadase 82,54%				Falha 29,27%	Diadase 70,73%				Falha 34,78%	Diadase 65,22%					
Famílias principais	N 20° - 40° E; 60° - 80° NE					N 0° - 20° E; 65° - 85° SE					N 10° - 40° E; 65° - 80° SE					N 20° - 30° E; 65° - 85° NW					N 40° - 50° E; 70° - 85° SE					N 0° - 10° E; 50° - 70° NW					N 140° - 150° E; 65° - 85° SW					N 20° - 40° E; 75° - 85° NW						
	N 40° - 60° E; 60° - 80° NE					N 20° - 40° E; 65° - 85° SE					N 100° - 120° E; 80° - 90° SW/NE					N 10° - 20° E; 70° - 90° SE					N 120° - 130° E; 60° - 80° SW					N 50° - 70° E; 70° - 90° SE/NW					N 50° - 70° E; 80° - 90° SE/NW					N 150° - 160° E; 75° - 90° SW/NE						
	N 100° - 120° E; 65° - 85° NW					N 110° - 130° E; 75° - 90° NE					-					-					-					N 130° - 150° E; 50° - 70° SW					-					-						
Abertura	Fe. 89,16%	Ab. 2,41%	M.A. 8,43%			Fe. 71,06%	Ab. 21,54%	M.A. 7,40%			Fe. 71,59%	Ab. 17,80%	M.A. 10,61%			Fe. 66,94%	Ab. 25,20%	M.A. 7,86%			Fe. 83,72%	Ab. 15,35%	M.A. 0,93%			Fe. 61,90%	Ab. 28,57%	M.A. 9,52%			Fe. 39,03%	Ab. 21,95%	M.A. 39,02%			Fe. 4,35%	Ab. 65,22%	M.A. 30,43%				
Espaçamento	F ₁₋₂ 12,05%	F ₃ 32,53%	F ₄₋₅ 55,42%			F ₁₋₂ 13,18%	F ₃ 29,90%	F ₄₋₅ 56,91%			F ₁₋₂ 17,80%	F ₃ 41,67%	F ₄₋₅ 40,53%			F ₁₋₂ 4,34%	F ₃ 37,67%	F ₄₋₅ 57,99%			F ₁₋₂ 15,81%	F ₃ 38,14%	F ₄₋₅ 46,05%			F ₁₋₂ 20,63%	F ₃ 31,75%	F ₄₋₅ 47,62%			F ₁₋₂ 53,66%	F ₃ 29,27%	F ₄₋₅ 17,07%			F ₁₋₂ 43,48%	F ₃ 43,48%	F ₄₋₅ 13,04%				
Continuidade	M.P.C. 92,77%	P.C. 7,23%	M.C. -			M.P.C. 99,68%	P.C. 0,32%	M.C. -			M.P.C 58,71%	P.C. 25,00%	M.C. 16,29%			M.P.C. 99,73%	P.C. 0,27%	M.C. -			M.P.C. 99,07%	P.C. 0,93%	M.C. -			M.P.C. 95,24%	P.C. 4,76%	M.C. -			M.P.C. 100,00%	P.C. -	M.C. -			M.P.C. 100,00%	P.C. -	M.C. -				
Terminação	R 42,17%	D 27,71%	O 30,12%			R 20,26%	D 48,55%	O 31,19%			R 7,58%	D 46,59%	O 45,83%			R 28,46%	D 34,69%	O 36,86%			R 20,00%	D 28,37%	O 51,63%			R 9,62%	D 46,03%	O 44,44%			R 26,83%	D 24,39%	O 48,78%			R 30,43%	D 43,48%	O 26,09%				
Curvatura	C ₁₋₂ 65,06%	C ₃ 28,92%	C ₄₋₅ 6,02%			C ₁₋₂ 60,13%	C ₃ 30,87%	C ₄₋₅ 9,00%			C ₁₋₂ 76,52%	C ₃ 21,97%	C ₄₋₅ 1,52%			C ₁₋₂ 75,07%	C ₃ 23,31%	C ₄₋₅ 1,63%			C ₁₋₂ 70,70%	C ₃ 27,91%	C ₄₋₅ 1,40%			C ₁₋₂ 68,25%	C ₃ 26,98%	C ₄₋₅ 4,76%			C ₁₋₂ 73,17%	C ₃ 26,83%	C ₄₋₅ -			C ₁₋₂ 73,91%	C ₃ 21,74%	C ₄₋₅ 4,35%				
Rugosidade	R ₁₋₂ 53,01%	R ₃ 40,96%	R ₄₋₅ 6,02%			R ₁₋₂ 26,37%	R ₃ 58,84%	R ₄₋₅ 14,79%			R ₁₋₂ 24,62%	R ₃ 71,59%	R ₄₋₅ 3,79%			R ₁₋₂ 64,77%	R ₃ 34,42%	R ₄₋₅ 0,81%			R ₁₋₂ 50,70%	R ₃ 45,12%	R ₄₋₅ 4,19%			R ₁₋₂ 31,75%	R ₃ 68,25%	R ₄₋₅ -			R ₁₋₂ 2,44%	R ₃ 36,59%	R ₄₋₅ 60,98%			R ₁₋₂ 39,13%	R ₃ 47,83%	R ₄₋₅ 13,04%				
Enchimento	Qua. 2,41%	Arg. -	Ro./R. 8,43%	Ve. 3,61%	Nen. 85,64%	Qua. 2,57%	Arg. 3,22%	Ro./R. 1,29%	Ve. 3,22%	Nen. 89,71%	Qua. -	Arg. 3,03%	Ro./R. 2,65%	Ve. 8,71%	Nen. 85,61%	Qua. 0,81%	Arg. -	Ro./R. 2,71%	Ve. 2,98%	Nen. 93,50%	Qua. 0,47%	Arg. 0,9%	Ro./R. 2,79%	Ve. -	Nen. 95,81%	Qua. -	Arg. 1,59%	Ro./R. 3,17%	Ve. 1,59%	Nen. 93,65%	Qua. -	Arg. -	Ro./R. 39,02%	Ve. -	Nen. 60,98%	Qua. -	Arg. -	Ro./R. 65,22%	Ve. -	Nen. 34,78%		
Presença de água	Não 100%		Sim -			Não 100%		Sim -			Não 17,05%		Sim 82,95%			Não 100%		Sim -			Não 100%		Sim -			Não 100%		Sim -			Não 43,90%		Sim 56,10%			Não 8,70%		Sim 91,30%				
Resistência à compressão	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅		
Descontinuidades	-	40%	60%	-	-	3,13	78,13%	18,75%	-	-	25,00%	61,11%	13,89%	-	-	4,35%	60,87%	26,09%	8,70%	-	4,17%	66,67%	29,17%	-	-	12,50%	25,00%	62,50%	-	-	-	100%	-	-	-	14,29%	85,71%	-	-	-		
Macico	-	40%	60%	-	-	-	78,13%	18,75%	-	-	-	-	-	-	-	-	65,00%	30,00%	5,00%	-	22,22%	55,56%	22,22%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,36%	63,64%	-	-	-	20,00%	80,00%	-	-	-

3.6.4. Esboço geomorfológico

A geomorfologia da cidade de V. N. Gaia (Anexo III), nomeadamente na área entre o Cais de Gaia e a Praia de Lavadores, é dominada essencialmente por duas unidades morfológicas distintas, nomeadamente por um conjunto de áreas aplanadas a diversas altitudes, e por vertentes, em geral, de declives acentuados.

As áreas aplanadas estão escalonadas, apresentando-se a área aplanada com maior extensão na área a Sul da Ponte da Arrábida, a uma altitude entre os 75 e os 100 metros. Esta é uma área extensa, com continuação a Sul, para além da área do mapa. Corresponderá à continuação do “relevo marginal”, tal como definido por Araújo (1991), que a Sul da área de estudo pode atingir as altitudes superiores a 200 metros. Na área a Norte do Douro a presença deste relevo foi também notada por COBA (2003), a altitudes superiores a 90 metros. É na área da Ponte da Arrábida que se encontra um dos maiores desníveis e vertentes mais escarpadas do troço terminal do Rio Douro, apresentando uma vertente contínua e de declive acentuado, representando um desnível de 70 a 80 metros. A área envolvente a esta grande área aplanada foi um dos alvos preferenciais para os levantamentos efectuados, realizando-se aqui o levantamento de 3 afloramentos (AF2, AF3 e AF4, Anexo I.III, I.IV e I.V)

Entre este nível mais elevado e o nível mais baixo encontra-se uma série de áreas aplanadas, em geral de menor extensão, e que se desenvolvem quer a Este quer a Oeste do referido “relevo marginal”, a altitudes entre os 25 e os 75 metros. Por vezes, nestas áreas encontram-se cobertas por depósitos sedimentares de origem fluvial (nas áreas mais próximas ao “relevo marginal”) e de origem marinha (nas áreas mais próximas da costa; Araújo, 1991).

Nas áreas mais próximas ao Rio Douro, e a altitudes inferiores a 25 metros, surge um conjunto de áreas aplanadas de muito baixa altitude, nomeadamente na área do Cais de Gaia, na Afurada e na área do Cabedelo. Na área da Praia de Lavadores surge um elemento geomorfológico distinto, nomeadamente uma costa rochosa granítica (Gomes et al., 2002), a qual foi alvo de um levantamento do grau de fracturação (AF7, Anexo I.VIII)

Por fim, merecem referência, além do encaixe pronunciado do Rio Douro na área da Ponte da Arrábida, o encaixe também pronunciado de praticamente todas as ribeiras, com especial destaque para a que se pode encontrar a Sul da povoação da Afurada.

3.6.5. Esboço hidrogeológico e drenagem de superfície

Neste tópico pretende-se caracterizar, de uma forma preliminar, os terrenos que ocorrem na zona estudada, em termos hidrogeológicos, bem como as condições de drenagem de superfície.





Atendendo a isto foi elaborada uma carta de factores, intitulada “Esboço hidrogeológico e drenagem de superfície da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia” que se apresenta no Anexo IV.

Nesta carta apresenta-se, além da geologia local, a rede de drenagem, a localização de nascentes, minas, poços, tanques e furos de captação de água, bem como as unidades hidrogeológicas definidas. Ao longo do trabalho verificou-se uma grande escassez de informação, não permitindo desta forma um estudo hidrogeológico mais completo.

Relativamente à drenagem de superfície, as linhas de água que actualmente atravessam a zona encontram-se, muitas delas, canalizadas existindo apenas alguns trechos a céu aberto. As linhas de água que se observam na região drenam para o Rio Douro. A canalização das ribeiras tem sido imposta por dois aspectos fundamentais que de alguma forma se relacionam entre si: por um lado, a forte pressão urbanística e a consequente ocupação dos terrenos próximos às linhas de água e, por outro, o facto de estes trechos funcionarem também como colectores de águas pluviais e esgoto.

Para a definição das unidades hidrogeológicas concorreram diversos factores, nomeadamente a geologia, a tectónica, a geomorfologia e a informação hidrogeológica pontual. No quadro 26 sintetizam-se as características das unidades hidrogeológicas definidas.

Quadro 26. Caracterização das unidades hidrogeológicas definidas para a zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia.

Unidades Hidrogeológicas			TIPOLOGIA DOS AQUIFÉROS							
			Ligação à rede hidrográfica		Tipo de escoamento		Horizonte de alteração			
			tem	pode ter	meio poroso	meio fissurado	espessura baixa	espessura alta	argiloso	arenoso
Rochas sedimentares	Aluviões actuais, areias de praia e de duna, depósitos plio-quaternários		X	-	X		X	-	X	X
Rochas metasedimentares	Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauwaques e xistos		-	X		X	X	X	X	-
Rochas graníticas	Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)		-	X	X	X	-	X	X	X
	Granito de duas micas, por vezes com foliação tectónica (G. do Porto, da Arrábida e da Afurada)		-	X		X	-	X	X	X

Inventário hidrogeológico: apresentação e caracterização de dados

Tal como referido anteriormente, foram inventariados todos os pontos de água, que ocorrem ao longo da faixa fluvial em estudo. Identificaram-se seis pontos de interesse hidrogeológico, que surgem, na sua totalidade, contíguos ao(s) acesso(s) que acompanha(m) a sinuosidade do rio Douro. Por outro lado, também foi possível aceder, a alguns relatórios, referentes a quatro furos de captação de água localizados junto à área em estudo (Anexo VIII).

FONTE DAS CAVES PORTO FERREIRA / FONTE DO REI RAMIRO

Esta fonte encontra-se dentro das caves Porto Ferreira, na intersecção da rua Rei Ramiro com a Avenida Ramos Pinto (figura 139), e foi detectada durante os trabalhos de campo, de maneira que, por cortesia dos funcionários que se encontravam no local, foi permitido o acesso à mesma e consequentemente a recolha dos parâmetros hidrogeológicos apresentados na ficha de inventário (Anexo VIII).



Figura 139. Fonte localizada nas caves Porto Ferreira, fonte do Rei Ramiro.

Também foi relatado pelos funcionários, que os mesmos estavam interditos, pelo engenheiro responsável, de consumirem aquela água, como tal, possuímos alguma legitimidade para admitir que esta se encontra imprópria para consumo.

FONTE DO BURRO

Localizada no Cais de Gaia, a fonte do Burro, com uma construção totalmente empedrada, como se pode verificar pela figura 140, teria na época, como o próprio nome sugere, o objectivo de fornecer água aos animais que eram utilizados para traccionar as “carroças”. A figura 140 ilustra, uma placa que tinha inscrito “Água imprópria para consumo”; provavelmente terá sido retirada,

apenas como acto de vandalismo, pelo que se poderá continuar a qualificá-la como imprópria para consumo.



Figura 140. Fonte do Burro.

Os parâmetros hidrogeológicos registados, apresentam-se no Anexo VIII.

MINA DA QUINTA DO MOCHO

Este ponto de água localiza-se no cais Capelo Ivens, e surge sob a forma de mina. Não se dispõe de informação relativa à qualidade da água para consumo humano. No entanto deve-se salientar que, como se pode verificar pela figura 141, o local encontra-se, algo poluído, sendo que estes mesmos contaminantes, a par de alguma vegetação, estão em contacto directo com a água que surge, o que nos permite admitir que estas águas não são propriamente passíveis de serem consumidas. Apresentam-se no Anexo VIII os parâmetros hidrogeológicos recolhidos no local.



Figura 141. Mina da Quinta do Mocho.

FONTE DA CRECHE

Foram também registados os dados hidrogeológicos relativos à denominada, pelos populares, como fonte da Creche (figura 142) localizada num alçado de uma habitação, na rua da Creche em S. Pedro da Afurada (muito próxima ao topo do talude 3, do afloramento 3). Relatos populares informaram que a água desta fonte passa por baixo da casa através de uma mina de água.

Apresentam-se no Anexo VIII os parâmetros hidrogeológicos relativos a este ponto.



Figura 142. Fonte da Creche.

FONTE DO PRETO

A centenária fonte do Preto, cuja inscrição refere a data de 1887 (figura 143), está localizada na rua da Praia, mais precisamente na intersecção do final dos taludes 1 e 2 do afloramento 3. Os populares classificam a água desta fonte como água de boa qualidade. Paulo Miranda² escreve “essa fonte tem feito muito jeito quando vou pedalar para aqueles lados!(...)”. No Anexo VIII resumem-se os dados hidrogeológicos recolhidos.



Figura 143. Fonte do Preto, S. Pedro da Afurada.

² <http://fontesefontanarios.blogspot.com/>

FORTE DO CAVALO

Junto ao cruzamento da rua da Praia com a rua Vasco da Gama, pode-se encontrar a fonte do Cavalo (figura 144). Não se dispõe de qualquer informação relativa à qualidade da água. Igualmente para esta fonte foram registados os parâmetros hidrogeológicos, que se encontram descritos no Anexo VIII.



Figura 144. Fonte do Cavalo, S. Pedro da Afurada.

Furos de captação de água

Como foi referido anteriormente, foi possível aceder aos relatórios, referentes a quatro furos de captação de água, localizados junto à área em estudo: VL8 – Lado nascente; VL8 – Lado poente; VL8 – Posto de abastecimento (ESSO, SA) e Centro Comercial Arrábida. No Anexo VIII encontra-se os relatórios destes furos, bem como os respectivos *logs*.

3.6.6. Esboço da ocupação do solo

O esboço cartográfico de ocupação de superfície (ou de ocupação do solo) compreende um conjunto de informações relativas ao tipo de cobertura da superfície e sub-superfície da área em estudo que poderão influenciar o comportamento geotécnico dos terrenos e/ou condicionar a construção. A informação contida na cartografia constitui também um ponto de partida para a execução de outros mapas, nomeadamente o esboço hidrogeológico e de drenagem de superfície, e fornece ainda elementos úteis ao planeamento do território ou das áreas do subsolo de interesse patrimonial.

Considerou-se importante, relativamente às condições de drenagem de superfície, cartografar as áreas edificadas e não edificadas, das quais se diferenciou as classes: área industrial, área expectante, área de jardim e outros espaços verdes e área agrícola.

As áreas edificadas compreendem as áreas industriais e não-industriais. As áreas edificadas comportam-se como zonas impermeáveis em termos de drenagem superficial. Nas áreas não edificadas distingue-se as áreas expectantes, as áreas ajardinadas e arborizadas e as áreas agrícolas. Considerou-se como área expectante, uma zona onde não se verifica qualquer actividade. A área ajardinada ou arborizada corresponde, em regra, a parques e jardins municipais. E, por fim, as áreas compostas por terrenos agrícolas são constituídas por hortas ou terrenos, mais ou menos extensos, de prática agrícola.

Como áreas edificadas consideraram-se as zonas ocupadas por todo o tipo de construções, incluindo vias de comunicação. Estas zonas apresentam menor capacidade de infiltração, como consequência do aumento da cobertura impermeabilizada, e são por isso favoráveis a um maior escoamento superficial. Foi ainda cartografada todas as estruturas de protecção costeira (espórões, obras aderentes) junto à fachada Atlântica.

Para a execução do esboço cartográfico apresentado no anexo V, recorreu-se, fundamentalmente, aos ortofotomapas aéreos da cidade de Gaia, à base topográfica e planimétrica da Câmara Municipal de Gaia (edição de 2003), complementado por reconhecimentos de superfície.

3.6.7. Localização dos trabalhos de prospecção mecânica: ponto de situação preliminar

No anexo VI apresenta-se de uma forma meramente indicativa e muito preliminar os principais estudos e trabalhos de prospecção (mecânica e ensaios *in situ*) identificados. Este mapa terá de ser objecto de actualização e validação de todos os trabalhos antigos e/ou recentes efectuados na zona ribeirinha de Gaia. Para o efeito prossegue junto das empresas e instituições contactadas a compilação de todos os elementos geológico-geotécnicos e hidrogeológicos, entre outros.

3.6.8. Esboço preliminar da susceptibilidade geotécnica

No anexo VII apresenta-se um esboço muito preliminar da susceptibilidade da qualidade geotécnica dos terrenos. Para a execução deste esboço cartográfico baseou-se nos seguintes critérios: i) identificação do tipo litológico (solo ou rocha); ii) características geotectónicas e geomorfológicas (incluindo, falhas regionais, declives, hidroclimatologia) iii) descrição das suas propriedades geotécnicas e geomecânicas básicas (nomeadamente, cor, textura, petrofábrica, grau de alteração, resistência, etc.); iv) descrição das propriedades geológico-geotécnicas do maciço em termos do grau de compartimentação, do estado de alteração meteórica/alterabilidade e da hidrogeotecnia.

Dessa abordagem permitiu estabelecer a seguinte categorização preliminar:

- Diferenciação geológico-geotécnica (maciço terroso, W_{4-5} ; maciço rochoso, W_{1-2} a W_3);
- Áreas de instabilidade de vertentes (escorregamentos, queda de blocos, taludes estabilizados e intervencionados).

O estudo de campo incidiu nos maciços rochosos, enquanto que os maciços terrosos e solos residuais serão objecto de um estudo específico a realizar no futuro. Este esboço cartográfico pretende apenas ser um esboço muito preliminar para a preparação da futura carta geotécnica da zona ribeirinha de Gaia.

3.7. Estimativa de custos inerentes ao estudo: abordagem preliminar

Qualquer projecto associado à geoengenharia aplicada, contempla habitualmente este tipo de estudo, em particular os projectos de engenharia de maciços rochosos, cartografia geotécnica, bem como em qualquer tipo de maciços. No quadro 27, apresenta-se uma breve estimativa dos custos inerentes à execução do presente estudo, enquadrado num possível estudo de cartografia geotécnica, desenvolvido por um técnico com o estatuto de “técnico júnior”.

As metodologias recorrentes para a elaboração deste estudo já foram anteriormente abordadas e descritas, de maneira que importa apenas realçar a extensa bibliografia a que foi necessário recorrer, bem como o exaustivo trabalho de gabinete, resultante não só da selecção e compilação da bibliografia mais específica mas também resultante da uniformização de todos os dados recolhidos e respectiva inserção na base de dados dinâmica e execução da cartografia aplicada em ambiente SIG.

A técnica de amostragem linear assume um papel muito importante neste estudo, pelo facto de fornecer valiosas informações relativas ao estado de compartimentação dos maciços rochosos. Não necessita de equipamentos muitos sofisticados, o que torna a técnica acessível por um valor económico relativamente baixo. Não foram contemplados quaisquer ensaios laboratoriais neste estudo, no entanto possíveis trabalhos de prospecção, que detêm um papel preponderante neste tipo de trabalhos oneram bastante estes estudos; neste caso as informações relativas à prospecção e obras já realizadas foram na medida do possível prestimosamente cedidas. O tratamento e análise estatística dos dados resultam dos gráficos que sintetizam a informação relativa aos diversos parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos das discontinuidades e dos diagramas geológico-estruturais que foram obtidos através de um software geo-informático *Dips vs. 5.1 da Rocscience®*.

Assim sendo e atendendo às recomendações, quer da *Ordem dos Engenheiros*, quer da *Associação Portuguesa de Geólogos* pode ser apontado o orçamento base de 20.500 Euros (€), sem IVA incluído, e com prazo de execução de 9 meses. Este valor inclui os custos orçamentados para a execução do trabalho e os custos para a aquisição de equipamento geocientífico e informático diverso.

Quadro 27. Fases constituintes do trabalho e respectivos custos (s/ IVA, €) associados ao Projecto.

		Meses									Custos (€)
		Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
T r a b a l h o s e f e c t u a d o s	1. Recolha bibliográfica (cartografia geotécnica, geologia de engenharia e geomecânica de maciços rochosos).	●	●							500	
	2. Recolha bibliográfica específica sobre a zona em estudo (enquadramento geográfico, geotectónico, geotécnico e hidrogeológico). Inspeção visual e reconhecimento preliminar.		●	●							
	3. Síntese cartográfica em SIG da informação disponibilizada (topográfica, geomorfológica, geológica, geotécnica e hidrogeológica).			●	●					2500	
	4. Levantamento e inventário geológico, geomorfológico, hidrogeológico e geotécnico sistemático exaustivo. Aplicação da Técnica de Amostragem Linear.					●	●			3000	
	5. Ensaio In Situ (Esclerómetro portátil): tratamento e representação dos dados.					●	●			1000	
	6. Criação e desenvolvimento de uma base de dados para o efeito. Tratamento geoestatístico dos parâmetros considerados.						●	●		2500	
	7. Síntese da compartimentação geotécnica e geomecânica dos maciços em sectores pre-seleccionados.						●	●		1500	
	8. Proposta de uma cartografia geotécnica temática (em ambiente SIG). Elaboração dos mapas temáticos (geológico, geomorfológico, hidrogeológico, drenagem de superfície, ocupação do solo)								●	4500	
	9. Síntese final, redacção e apresentação do projecto.								●	●	5000
Total											20500

4. Conclusões

O aumento da densidade populacional em Gaia acarreta a realização de projectos complexos de engenharia, utilizando o subsolo para a construção e, frequentemente, em terrenos com características geotécnicas desfavoráveis. Estes factos, associados à escassez de estudos científicos recentes de natureza geológica e geotécnica em Gaia, justificam o presente estudo, ainda que preliminar, no âmbito da geotecnia em meio urbano, em particular da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (entre o Cais de Gaia, Santa Marinha e a praia de Lavadores – Canidelo). Nas margens do rio Douro e zonas ribeirinhas associadas (quer do Porto quer de Gaia) há registos históricos de sectores de maior instabilidade das vertentes rochosas.

A presente dissertação envolveu, inicialmente, o reconhecimento e a compilação dos inúmeros dados resultado dos levantamentos geológico-geotécnicos e geomecânicos sistemáticos de terreno, recorrendo à aplicação da técnica de amostragem linear em superfícies expostas de descontinuidades em maciços rochosos. Estes foram realizados no período de Maio e Julho de 2009, em sete afloramentos rochosos ao longo de toda a faixa ribeirinha de Vila Nova de Gaia. Além disso, foram executados ensaios esclerométricos expeditos para estimar a resistência à compressão uniaxial com recurso ao “*Martelo de Schmidt*”.

Do estudo, ora desenvolvido, resultam os seguintes aspectos conclusivos:

- O refinamento do conhecimento das unidades geológicas locais: i) Depósitos de cobertura; ii) Fácies graníticas: **granito do Porto** (que localmente poderá tomar a designação de **granito de Santa Marinha**) – granito de duas micas, com predomínio de moscovite, de grão médio, por vezes ligeiramente orientado tectonicamente; **granito da Afurada/Arrábida** – granitóide de grão fino, de duas micas, exibindo, em regra, uma foliação tectónica bem marcada com uma orientação variando entre N80º e N120ºE; **granito de Lavadores** – granito porfiróide, em geral biotítico, de grão grosseiro, com megacristais de feldspato e encraves; iii) rochas metassedimentares – micaxistos, xistos luzentes e quartzo-tectonitos; iv) rochas filonianas – filões aplito-pegmatíticos e/ou filonetes de quartzo leitoso, com possanças que não ultrapassam os 50cm que se encontram, em regra, muito tectonizados;
- A criação de uma base de dados com os parâmetros geológicos, geotécnicos e geomecânicos, bem como o desenvolvimento de um projecto cartográfico SIG;
- A análise dos dados do grau de alteração permite constatar que o material-rocha ocorre, na maioria dos afloramentos, são a pouco alterado (W_{1-2}) a medianamente alterado (W_3); contudo, constata-se que existem algumas zonas de alguns afloramentos em que o

maciço se encontra muito a completamente alterado (W_{4-5}) e, até pontos onde já não se reconhece a petrofábrica do maciço (início do afloramento Af5.1 e final do Af5.2 e algumas zonas do Af6);

- O reconhecimento de uma intensa rede de fracturação nos afloramentos Af4.1 e Af5.1, Af5.2 e Af5.3. O afloramento Af4.1, apresenta muitas raízes associadas a vegetação arbustiva de porte razoável e a depósitos de vertente, encontrando-se alguns blocos bastante instáveis, tendo-se observado o deslocamento relativo de alguns blocos que inspiram cuidados céleres para a estabilização dos taludes. Por outro lado, apesar de intensamente fracturados, os afloramentos Af5.1, Af5.2 e Af5.3 apresentam-se aparentemente estáveis, estados resultantes da pouca alteração do maciço e também pelo facto das descontinuidades se apresentarem bastante fechadas;
- O afloramento Af2 (Cais Lugan, na Afurada), revela-se o mais preocupante em termos de estabilidade estrutural, apresentando alguns blocos de dimensões métricas (superiores a 2m) com movimento e assentamentos diferenciais significativos e recentes. Na nossa opinião, todo o talude deveria ser limpo e todos os blocos saneados com a consequente estabilização estrutural;
- O afloramento Af6 manifesta uma coloração bastante amarelada e a superfície do maciço muito arenizada. Neste caso foi também possível observar alguns pequenos blocos soltos e algumas descontinuidades com aberturas bastante generosas, devido à infiltração das raízes arbustivas e também de uma família de descontinuidades que parece apresentar-se paralela à orientação do próprio talude. Este talude poderá não apresentar risco imediato pelo facto de se encontrar algo recuado do passeio contíguo e, consequentemente, da respectiva estrada;
- O afloramento Af1, apresenta-se em bom estado geotécnico fazendo parte integrante do maciço de suporte do armazém de vinhos sobrejacente. O afloramento Af3 (taludes do Rio, da Escadaria da Igreja e do Parque de estacionamento), que proporcionou alguns “sustos” à população da Afurada, encontra-se, actualmente, estabilizado, após um estudo geológico-geotécnico aturado por parte de Monteiro (2008).
- A produção de uma série de esboços cartográficos (carta de factores) da área em estudo até aqui inexistentes de modo a delinear e definir, futuramente, as principais unidades geotécnicas locais, resultando do cruzamento e da síntese de toda a informação geológica, geotécnica e geomecânica, entre outra, compilada e elaborada. Para o efeito, preparou-se um esboço, ainda que muito preliminar, da cartografia da susceptibilidade

da qualidade geotécnica dos terrenos estudados. Este documento fornece-nos, numa primeira análise, um zonamento geotécnico preliminar dos terrenos e uma série de pistas (objectivas e outras reflexivas) sobre os futuros estudos a desenvolver.

Em termos de trabalhos futuros poder-se-ão apontar os seguintes:

- ✓ A revisão e actualização de todos os esboços cartográficos em ambiente SIG. O refinamento da caracterização geotécnica e geomecânica e o acompanhamento do comportamento dos taludes rochosos estudados e de outros;
- ✓ Aplicação da classificação geomecânica SMR – Slope Mass Rating (Romana, 1993, 1997) em todos os taludes estudados e de outros que possam ser objecto de estudo, bem como a aplicação da classificação GSI (Hoek, 2007) com o objectivo de avaliar a qualidade geomecânica dos diferentes maciços rochosos;
- ✓ A realização do ensaio de carga pontual (PLT) num número significativo de amostras, por forma a aferir de um modo mais acurado os resultados obtidos pelo esclerómetro portátil e, desta forma, aprofundar o conhecimento geomecânico dos maciços rochosos;
- ✓ A descrição e caracterização geológica e geomecânica dos maciços terrosos;
- ✓ O desenvolvimento de uma análise geoestatística mais robusta dos dados geológico-geomecânicos;
- ✓ A modelação geomecânica dos taludes mais importantes, com o intuito de verificar a estabilidade estrutural e a segurança, assim como para proceder ao dimensionamento estrutural de elementos de reforço, recorrendo a programas de cálculo automático específicos (*e.g.*, *Phase² 2.7*, *Swedge 5.0*, *RockFall 5.0* da *RocScience: software tools for rock and soil*);
- ✓ A compilação de todos os trabalhos de prospecção de empresas e entidades que possam fornecer esses elementos e a criação de uma base dados dinâmica;
- ✓ A definição das cartas de factores e condicionantes de molde a apresentar-se uma proposta da cartografia geotécnica da zona ribeirinha de Gaia;
- ✓ A definição de cenários de susceptibilidade e de vulnerabilidade aos riscos geológicos e geotécnicos materializados por mapas temáticos de avaliação de perigosidade.

5. Referências bibliográficas

- Afonso M. J., Chaminé H. I., Gomes A., Teixeira J., Araújo M. A., Fonseca P. E., Carvalho J. M., Marques J. M., Marques da Silva M. A. & Rocha F. T., 2004. Cartografia geológica e geomorfológica estrutural da área metropolitana do Porto: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Xeográfica, Revista de Xeografia, Territorio e Medio Ambiente, Univ. de Santiago de Compostela*, 4: 101-115.
- Afonso M.J., Chaminé H.I., Gomes A., Fonseca P.E., Marques J.M., Guimarães L., Guilhermino L., Teixeira J., Carvalho J.M. & Rocha F. T., (2006). Urban hydrogeomorphology and geology of the Porto metropolitan area (NW Portugal): a multidisciplinary approach. In: Pre-Congress Proceedings of the 10th IAEG International Congress - Engineering geology for tomorrow's cities, Nottingham. The Geological Society of London. 1-9 pp. (CD-Rom; IAEG2006 Paper number 92).
- Aires-Barros, L., 1991. Alteração e alterabilidade de rochas. Instituto Nacional de Investigação Científica, INIC, Lisboa, 384 pp.
- Almeida, A., 2001. Caracterização geoquímica e geocronológica do granito de duas micas sintectónico do Porto (NW de Portugal) [Geochemical and geochronologic characterization of Porto syntectonic two-micas granite (NW Portugal)]. In: Lago M, Arranz E, Galé C (eds) Proceedings Iller Congreso Ibérico de Geoquímica/VIII Congreso de Geoquímica de España. Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza, pp 311-315.
- Araújo, M. A., (1991). Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto. FLUP, Universidade do Porto. 534 pp., c/ 1 anexo. (tese de doutoramento)
- Araújo, M. A.; Gomes, A. A.; Chaminé, H. I.; Fonseca, P. E.; Gama Pereira, L. C. & Pinto de Jesus, A., 2003. Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho, (NW de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozóica. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 79-105.
- Barbosa, B.P. & Borges, L., 1991. Cartografia geotécnica: Carta Geotécnica do Porto. In: IV Congresso Nacional de Geotecnia, 1, pp. 39-46
- Bateira, C., 2001. Movimentos de vertente no NW de Portugal: sistemas de informação geográfica e susceptibilidade geomorfológica. Departamento de Geografia, Universidade do Porto. 475 pp. (Tese de Doutoramento).
- Begonha, A. & Sequeira Braga, M. A., 2002. Weathering of the Oporto granite: geotechnical and physical properties. *Catena*, 49: 57-76
- Bock, H., 2006. Common ground in engineering geology, soil mechanics and rock mechanics: past, present and future. *Bull. Eng. Geol. Env.*, 65: 209-216.
- Booth B., 2000. Using ArcGIS™ 3D Analyst. GIS by ESRI-Environmental Systems Research Institute, Inc. 218pp.
- Bowman, W. L., 1968. Graphic communication. John Wiley & Sons, New York.
- Brady, B. H. G. & Brown, E. T., 2004. Rock mechanics for underground mining, 3rd Edition, George Allen & Unwin, London. 527 pp.
- Brown, E. T., 1991. Da teoria a pratica em mecânica das rochas. *Ingenium, Revista da Ordem dos Engenheiros*, Lisboa, 48 (Ano IV): 9-29.

- Burke R., Napoleon E., Ormsby T., Groess C. & Feaster L. 2001. Getting to Know ArcGIS Desktop: The Basics of ArcView, ArcEditor, and ArcInfo Updated for ArcGIS 9. Getting to Know series. ESRI California. 550 pp.
- Cabral J. & Ribeiro A., 1988. Carta Neotectonica de Portugal Continental, escala 1/1000000. Servicos Geologicos de Portugal, Lisboa.
- Cabral J. & Ribeiro A., 1989. Carta Neotectonica de Portugal, escala 1/1000 000. Nota explicativa, 10 pp. Servicos Geologicos de Portugal. Lisboa.
- Cabral J., 1995. Neotectonica em Portugal Continental. Mem. Inst. Geol. Min., 31, 256 pp. (Tese de doutoramento).
- Campos e Matos, A., Borges, L. & Correia, A. (2002). Escarpa das Fontainhas, Porto: escorregamentos. Registo histórico e estudos geológicos. 8º Congresso Nacional de Geotecnia. Lisboa.
- Cargill, J. S. & Shakoor, A., 1990. Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 53: 97-103.
- Carminé Teixeira, P.A. (1994). Cartografia geotécnica da zona oriental da cidade do Porto (freguesia de Campanhã): contribuição para a Carta Geotécnica do Porto. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, MLMG. Relatório de Estágio Profissionalizante. 79 pp + anexos.
- Carrington da Costa J. & Teixeira C., 1957. Noticia Explicativa da Carta Geologica de Portugal, escala 1/50.000, folha 9-C, Porto. Servicos Geologicos de Portugal. 38 pp.
- Chaminé, H. I. & Gaspar, A. F., 1995. Estudo da compartimentação de maciços rochosos pela técnica de amostragem linear. Aplicação a uma travessa da Mina de Carvão de Germunde Estudos, Notas & Trabalhos Inst. Geol. Min., Porto, 37: 97-111.
- Chaminé, H. I., 2000. Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho –Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas. Universidade do Porto, 497 pp., 2 anexos, 3 mapas. (Tese de doutoramento).
- Chamine H. I., Gama Pereira L. C., Fonseca P. E., Noronha F. & Lemos de Sousa M. J., 2003a. Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha–Coimbra–Tomar, entre as Zonas Centro-Iberica e de Ossa-Morena (Macico Iberico, W de Portugal). Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruna, 28: 37-78.
- Chamine H. I., Gama Pereira L. C., Fonseca P. E., Moco L. P., Fernandes J. P., Rocha F T., Flores D., Pinto de Jesus A., Gomes C., Soares de Andrade A. A. & Araujo A., 2003b. Tectonostratigraphy of middle and upper Palaeozoic black shales from the Porto–Tomar–Ferreira do Alentejo shear zone (W Portugal): new perspectives on the Iberian Massif. Geobios, 36, 6: 649-663.
- Chaminé H.I.; Afonso M.J.; Trigo J.F.C.; Monteiro R.; Fernandes P., Pizarro S., *in press*. Geotechnical factors affecting rock slope stability in Vila Nova de Gaia riverside downtown (S. Pedro da Afurada, NW Portugal). Proceedings of the 11th IAEG Congress 2010, Auckland, New Zealand. (in press)
- CFCFF – Committee on Fracture Characterization and Fluid Flow, 1996. Rock fractures and fluid flow: contemporary understanding and applications. National Research Council, National Academy Press, 568 pp.

- COBA, 1994. Carta Geotécnica do Porto: Notícia Explicativa e Cartas. 1ª edição. Câmara Municipal do Porto. COBA /FCUP.
- COBA, 2003. Carta Geotécnica do Porto: Notícia Explicativa e Cartas. 2ª edição. Câmara Municipal do Porto COBA /FCUP. 223 pp + anexos.
- Congress - Engineering geology for tomorrow's cities, Nottingham. The Geological Society of London. 1-7 pp. (CD-Rom; IAEG2006 Paper number 615).
- Davis, G. & Reynolds, S. T., 1996. Structural geology of rocks and regions, 2nd ed., John Wiley & Sons. 776 pp.
- Dearman, W.R. & Eyles, N., 1982. An engineering geological map of the soils and rocks of United Kingdom. Bulletin IAEG, 25: 3-18.
- Deere, D.U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Engineering Geology, 1 (1): 17-22.
- Deere, D.U. & Deere, D.W., 1988. The RQD index practice. Proc. Symp. Rock Classif. Eng. Purp., ASTM, Special Technical Publication, 984, pp. 91-101.
- Dinis da Gama, C., 1995. Aspectos geotécnicos y de fracturación en la explotación de Canteras. In: López Jimeno, C. (Ed.). Cap. 10 del Manual de Rocas Ornamentales. Entorno Gráfico. S.L., Madrid, pp. 231-246.
- Ferreira Gomes, L. M. & Mendes, J. F. G., 1996. Classificação de solos para usos urbanos: considerações em torno dos aspectos geotécnicos. Engenharia Civil, Univ. Minho, 4: 67-73.
- Ferrer, M. & González de Vallejo, L. [eds.], 1999. Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Publicaciones ITGE, Madrid. 81 pp, 41 fotografías.
- Fonseca L., (2008). Interacção e avaliação entre o maciço rochoso e as tecnologias de perfuração: consequências técnico-económicas. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP. Tese de Mestrado.
- Gabriel de Almeida P., Espinha Marques J., Fonseca, P. E., Sodré Borges F., Samper J., Carvalho J. M., Marques J. M., Aires-Barros L., Cavaleiro V., Gomes A., Rocha F. T., Teixeira J., Afonso M. J., Chaminé H. I., 2004. Utilização de sistemas de informação geográfica em estudos da rede de fracturação: aplicação à área de influência da falha da Vilariça (maciço da Serra da Estrela, Portugal Central). In: Cardoso, C. & Ribeiro Sousa, L., coords., Actas Prospeção e Caracterização de Maciços e Materiais Geotécnicos, 9º Congresso Nacional de Geotecnia, Aveiro, Sociedade Portuguesa de Geotecnia / Universidade de Aveiro, Vol. 1, pp. 339-348.
- Gomes, Coelho, A., 1980. A cartografia geotécnica no planeamento regional e urbano: experiência na aplicação na região de Setúbal. LNEC, Lisboa. (tese de especialista).
- Gomes, A., Ferreira, J. & Araújo, M.A., 2002. A riqueza geomorfológica e geológica da praia de Lavadores (Vila Nova de Gaia): um património a divulgar e a preservar. Actas do Seminário "Região do Porto: Áreas Naturais para o Século XXI", Parque Biológico de V. Nova de Gaia, 6 pp.

- Gomes A., Chamine H. I., Teixeira J., Fonseca P. E., Gama Pereira L. C., Pinto de Jesus A., Perez Alberti A., Araujo M.A., Coelho A., Soares de Andrade A. & Rocha F. T., 2007. Late Cenozoic basin opening in relation to major strike-slip faulting along the Porto-Coimbra-Tomar fault zone (northern Portugal). In: Gary Nichols, Ed Williams & Chris Paola (Eds.), *Sedimentary Processes, Environments and Basins: a tribute to Peter Friend*. Special Publications of the International Association Sedimentologists (IAS), Blackwell Publishing. 38: 137-153.
- Gomes, A., 2008, *Evolução geomorfológica da plataforma litoral entre Espinho e Águeda*. Departamento de Geografia, Universidade do Porto, 330 p (Tese de doutoramento)
- González de Vallejo, L. I.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C. [coords.], 2002. *Ingeniería geológica* Prentice Hall, Madrid, 715 pp.
- Goodman, R. 1993. *Engineering geology: rock in engineering construction*. John Wiley & sons, New York, 412 pp.
- Griffiths, J. S., 2002. *Mapping in Engineering Geology*. Key Issues in Earth Sciences. The Geological Society of London, 1, 287 pp.
- GSE – Geological Society Engineering Group Working Party, 1972. The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Report by the Geological Society Engineering Group Working Party. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 5: 297-367.
- GSE – Geological Society Engineering Group Working Party Report, 1995. The description and classification of weathered rocks for engineering purposes. *Quarterly Journal of Engineering Geology, Geological Society*, 28 (3): 207-242.
- Guimarães, J.G., (1995). *Gaia e Vila Nova na Idade Média*. Arqueologia de uma área ribeirinha. Universidade Portucalense, Porto.
- Harck, R.; Azzam, R. & Charlier, R., 2004. *Engineering geology for infrastructure planning in Europe: a European perspective*. Lecture Notes in Earth Sciences, vol. 104. Springer-Verlag, Berlin. 801pp.
- Hoek, E., 2007. *Practical rock engineering*. RocScience: Hoek's Corner, 342 pp.
- Hudson, J. A. & Priest, S. D., 1983. Discontinuity frequency in rock masses *Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, 20: 73-89.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics 1978. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *Int. Journ Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, 15 (6), 319-368.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics, 1981. Basic geotechnical description of rock masses. *Int. Journ Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, 18, 85-110.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics (1985). Suggested method for determining point load strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, 22: 51-60.
- I.S.R.M. – International Society for Rock Mechanics, 2007. The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974-2006. In: Ulusay, R. & Hudson, J.A. (eds.), *suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM*. Ankara, Turkey. 628 pp.

- IAEG – International Association for Engineering Geology, 1976. Guide pour la préparation des cartes géotechniques. Sciences de la Terre. Les Presses de l'Unesco, Paris. 79 pp.
- IAEG – International Association for Engineering Geology, 1979. Classification of the rocks and soils for engineering geological mapping. Part I. Rock and Soil Materials. Bulletin IAEG, 19: 364-371.
- IAEG – International Association for Engineering Geology, 1981a. Recommended symbols for engineering geological mapping. Bulletin IAEG, 24: 227-234.
- IAEG – International Association for Engineering Geology, 1981b. Rock and Soil description and classification for engineering geological mapping. Bulletin IAEG, 24: 235-274.
- Jimeno, C. L., 2003. Manual de túneles y obras subterráneas. ETSIM, Univ. Polit. Madrid. 1082 pp.
- LNEC, 2006. Reavaliação das condições de estabilidade da escarpa da serra do pilar (Gaia) após o escorregamento de 24 de Setembro de 2006. 30pp
- Manoliu, I. & Radulescu, N., 2008. Education and training in geo-engineering sciences: soil mechanics, geotechnical engineering, engineering geology and rock mechanics. CRC Press, Taylor & Francis Group, London. 514 pp.
- Maranha das Neves, E., 1994. Estados limites e segurança em Geotecnia. Geotecnia, Rev. Soc. Portg. Geotecnia, Lisboa, 72: 5-62.
- Martins R., Moreira P., Santos P., Neto E., Pereira A. M., Teixeira J., Vieira A. & Chaminé H. I., 2006. A técnica de amostragem linear aplicada a estudos de compartimentação de maciços rochosos no Norte de Portugal. In: Actas do 10.º Congresso Nacional de Geotecnia. Sociedade Portuguesa de Geotecnia / Univ. Nova de Lisboa, Maio de 2006. Volume 1, pp. 255-264.
- Matos Fernandes, M., 2000. Eurocódigo 7: questões essenciais e ponto da situação. VII Congresso Nacional de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto http://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano4/ms2/ano4_ms2_files/paper_CongGeot_2000.htm
- Matula, M., 1978. Engineering Geological evaluation for regional and urban development. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 3, Madrid. *Proceedings...*
- Mazzoccola, D. F.; Millar, D. L. & Hudson, J. A., 1997. Information, uncertainty and decision making in site investigation for rock engineering. Geotechnical and Geological Engineering, 15: 145-180.
- Monteiro R. I. M. R., 2008 Estudo geológico e geotécnico de taludes rochosos em S. Pedro da Afurada (Vila Nova de Gaia): contributos para a avaliação da estabilidade estrutural. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP. Tese de Mestrado.
- Moreira, P. F., 2008. Estudo cartográfico, geotécnico e geomecânico do maciço granítico de Arca d'Água (Paranhos): contributos para o conhecimento dos subterrâneos do Porto, Relatório Final de Projecto/Estágio. Departamento de Engenharia Geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 116 pp., 5 anexos. (Relatório Inédito).
- Murck, B.W., Skinner, B.J. y Porter, S.C., 1996. Environmental geology. John Wiley and Sons.
- Nascimento, A., 1990. Tentative ostracode Biozonation of the Portuguese Neogene. Cour. Forsch. – Inst. Senckenberg, Frankfurt am Main, 123: 181-190.

- Neves, J. M. P., 1999. Geomorfologia e geotecnia da zona das Fontainhas (Porto): uma contribuição para o seu ordenamento. Departamento de Ciências da Terra. Universidade do Minho. 114 pp. + Vol. Anexos. (Tese de Mestrado).
- Oliveira, R. & Gomes Coelho, A., 1974. Carta geotécnica de área de Sines. LNEC, Lisboa. (Relatório final).
- Oliveira, R., 1990. Geologia de engenharia: notas de aulas do curso de mestrado de geologia de engenharia. Universidade Nova de Lisboa, Costa da Caparica. (policopiado).
- Oliveira, R.; Gomes, C.; Noronha, F. & Borges, L., 1995. Características geológicas e geotécnicas da Cidade do Porto (Carta Geotécnica do Porto). In: Actas do V Congresso Nacional de Geotecnia, SPG, Coimbra. pp 119-132.
- Oliveira Ramos, L. A., 2000. História do Porto. 3ª edição, Porto Editora. 720 pp.
- Oliveira, R.; Gomes, C. & Guimarães, S., 2006. Engineering geological map of Oporto: A municipal tool for planning and awareness of urban geoscience. In: Pre-Congress Proceedings of the 10th IAEG International Congress - Engineering geology for tomorrow's cities, Nottingham. The Geological Society of London. 1-7 pp. (CD-Rom; IAEG2006 Paper number 615).
- Peacock, D. C. P.; Harris, S. D. & Mauldon, M., 2003. Use of curved scanlines and boreholes to predict fracture frequencies. J. Struct. Geol., 25: 109-119.
- Pereira, P.; Veiga, I. & Campos e Matos, A., 2008. Análise de queda de blocos: escarpa das Fontainhas. Actas do XI Congresso Nacional de Geotecnia, Coimbra. 10 pp.
- Prandini, F.L.; Nakazawa, V.A.; Freitas, C.G.L. & Diniz, N.C., 1995. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: Bitar, O.Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pp.187-202.
- Priest, S. D. & Hudson, J. A., 1981. Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 18: 183-197.
- Ramos L., 2008. Avaliação geotécnica e geomecânica de maciços rochosos fracturados para o controlo da qualidade do desmonte. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP. Tese de Mestrado.
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1983. The techniques of modern structural geology. Vol 1: Strain Analysis, 307 pp. Academic Press Limited London.
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1987. The techniques of modern structural geology. Vol 2: Folds and fracturs, 700 pp. Academic Press Limited London.
- Rebelo, F., 2003. Os riscos naturais na legislação Portuguesa. Territorium, Coimbra, 10: 5-8.
- Ribeiro, A.; Quesada, C. & Dallmeyer, R.D., 1990. Geodynamic Evolution of the Iberian Massif In: Dallmeyer, R.D. & Martínez – Garcia, E., Eds, Pré – Mesozoic Geology of Ibéria. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. pp. 397-410.
- Ribeiro, A.; Munhá, J.; Dias, R.; Mateus, A.; Pereira, E.; Ribeiro, L.; Fonseca, P.E.; Araújo, A.; Oliveira, J.T.; Romão, J.; Chaminé, H.I.; Coke, C. & Pedro J., 2007. Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. Tectonics, 26, TC6009, 24 pp.
- Rocha, M., 1981. Mecânica das Rochas. LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 445 pp.

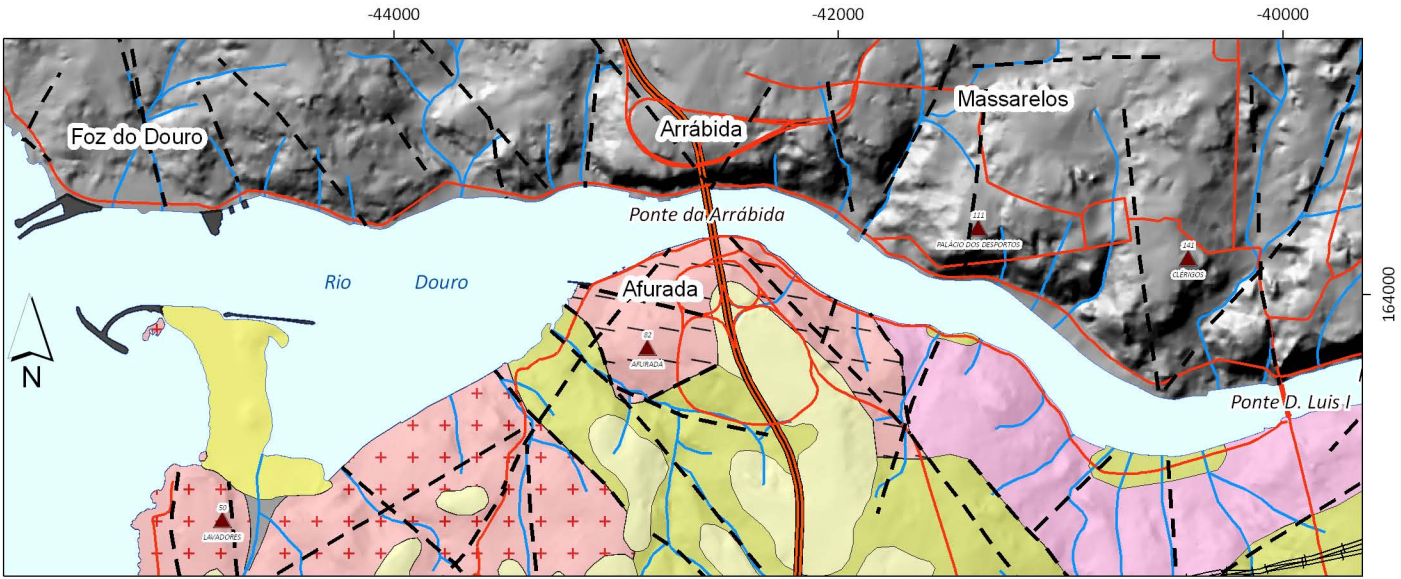
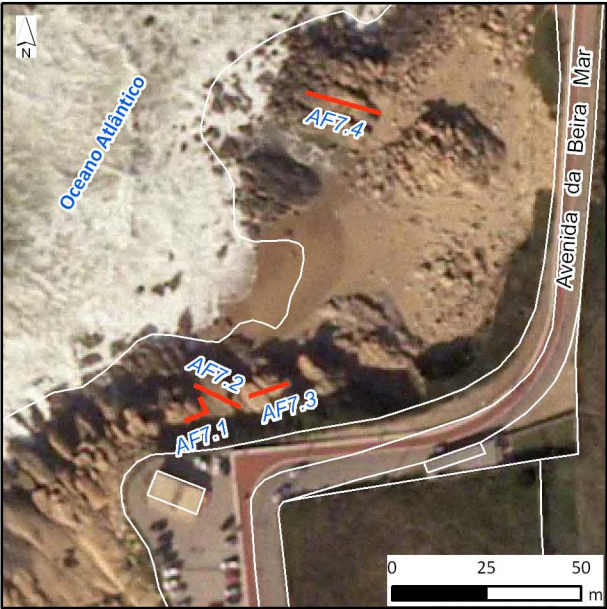
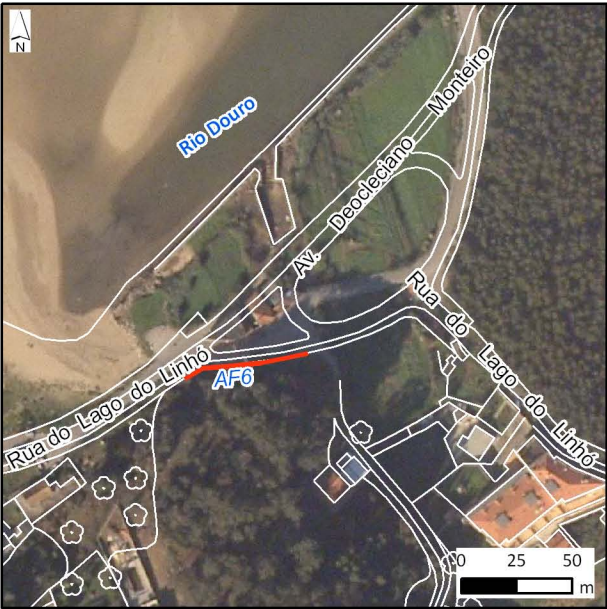
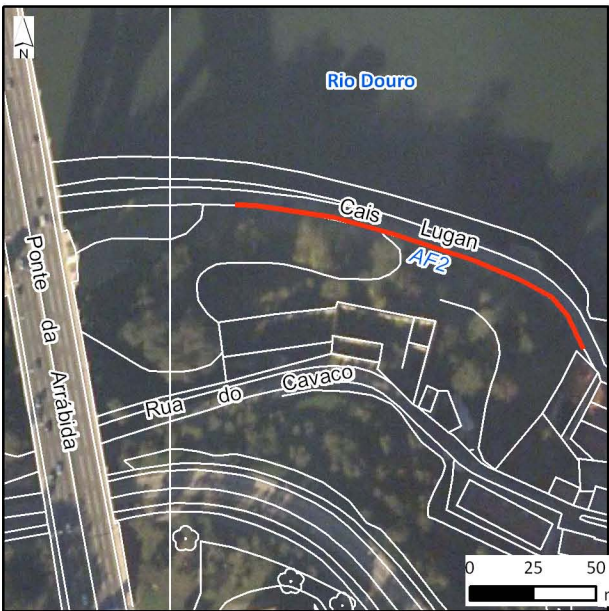
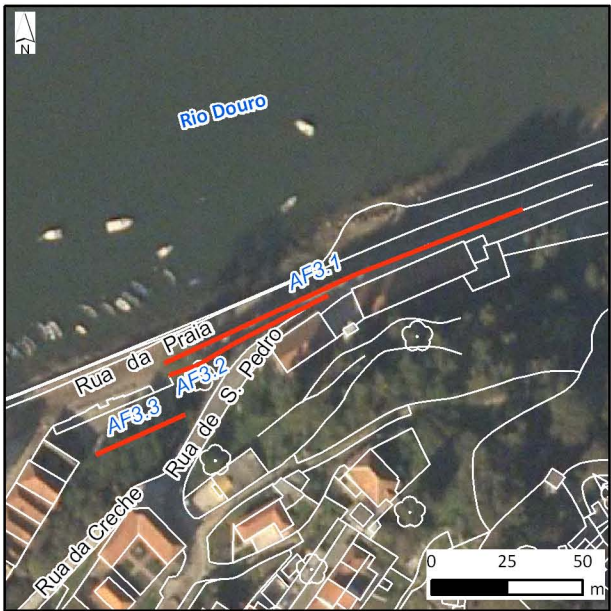
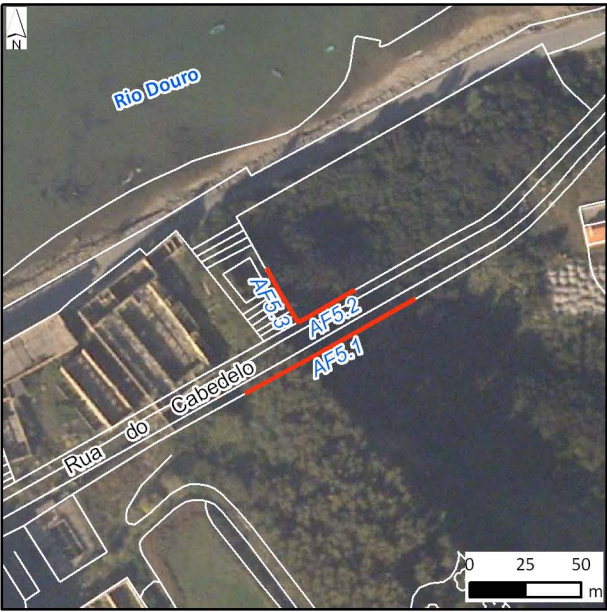
- Romana M., 1993. A geomechanics classification for slopes: Slope Mass Rating (In Comprehensive Rock Engineering. Ed. J. Hudson, Vol. 3), First Edition. Pergamon, Oxford. 45 pp.
- Romana M., 1997. El papel de las clasificaciones geomecánicas en el estudio de la estabilidad de taludes. In: Alonso et al. (eds.), IV Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables, Granada, vol. III, pp. 955–1011.
- Rosas da Silva, D., 1947. Relatório sobre os Guindais. Câmara Municipal do Porto. (Relatório inédito).
- RSAAEP–Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (aprovado pelo decreto-lei nº235/83, de 31 de Maio), 2000. In: Colecção Regulamentos, Porto Editora. Anexo III- Elementos para quantificação da acção dos sismos, 4: 87-96.
- Schmidt, E., 1951. A non-destructive concrete tester. Concrete, 59 (8): 34-35.
- Silva, A.P., 2004. Engineering geological mapping of the Almada County and the Geo-Almada Information System. Universidade Nova de Lisboa. (tese de doutoramento).
- Silva, A.P. & Rodrigues-Carvalho, R., 2006. Engineering geological mapping for the urban planning of Almada County, Portugal. In: Pre-Congress Proceedings of the 10th IAEG International Congress - Engineering geology for tomorrow's cities, Nottingham. The Geological Society of London. 1-7 pp. (CD-Rom; IAEG2006 Paper number 165).
- Sousa Oliveira, C., 1986. A sismicidade histórica e a revisão do catálogo sísmico. Relatório 99/86–NDA. Proc. 36/11/7368. Serviço de Estruturas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 192 pp.
- Sousa Oliveira, C, Sousa, M. L. & Costa, A.C., 1999. Contribuição para a revisão da acção sísmica em Portugal Continental no contexto do Eurocódigo 8. In: 4º encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica/2ème Rencontre en Génie Parasismique des Pays Méditerranéés, Simica'99, Faro, Algarve, pp. 153-164.
- Teixeira, C., (1970). Aspectos geológicos da orla litoral do Porto e de V. N. Gaia. Naturalia, 10, 1: 13-29.
- Terzaghi, K., 1965. Sources of errors in joint surveys. Geotechnique, 15: 287- 304.
- Terzaghi, K. & Peck, R. B., 1967. Soil mechanics in engineering practice. Second edition, John Wiley and Sons, New York
- Varnes, D. J., 1974. The logic of geological maps, with reference to their interpretation and use for engineering purposes. U. S. Geological Survey Professional Paper 837, 48 pp.
- Varnes, D.J., 1984. Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice. Natural Hazards 3, UNESCO, Paris.
- Vidal, R. J. R. & Twidale, C. R., 1999. Sheet fractures, other stress forms and some engineering implications. Geomorphology, 31 (1-4): 13-27.
- West, G., 1991. The field description of engineering soils and rocks. Open University Press.
- Wilson, J. & Gallant, J. [eds.], 2000. Terrain analysis: principles and applications. John Wiley & Sons, inc., New York, 479 pp.
- Zuquette, L. V. & Gandolfi, N., 2004. Cartografia geotécnica. Oficina de textos, Brasil, 189 pp.

ANEXOS



ANEXO I

FICHAS DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO E SÍNTESE
ESQUEMÁTICA DOS AFLORAMENTOS ESTUDADOS



adaptado e revisto de Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et. al. (1989), COBA (1994), Chaminé (2000); levantamentos inéditos da área de V. N. Gaia (Chaminé et al.)
Ortofotomapas: C.M. Gaia, 2005
Base planimétrica: Gaiurb, 2009

Depósitos de Cobertura

- Areias de Praia
- Aluviões actuais, areias de duna
- Depósitos de cobertura plio-quaternários

Rochas graníticas

- Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)
- Granito de grão médio a grosseiro, de duas micas (G. do Porto)
- Granito de grão médio a fino, de duas micas, com foliação tectónica (G. da Arrábida e da Afurada)

Rochas metassedimentares

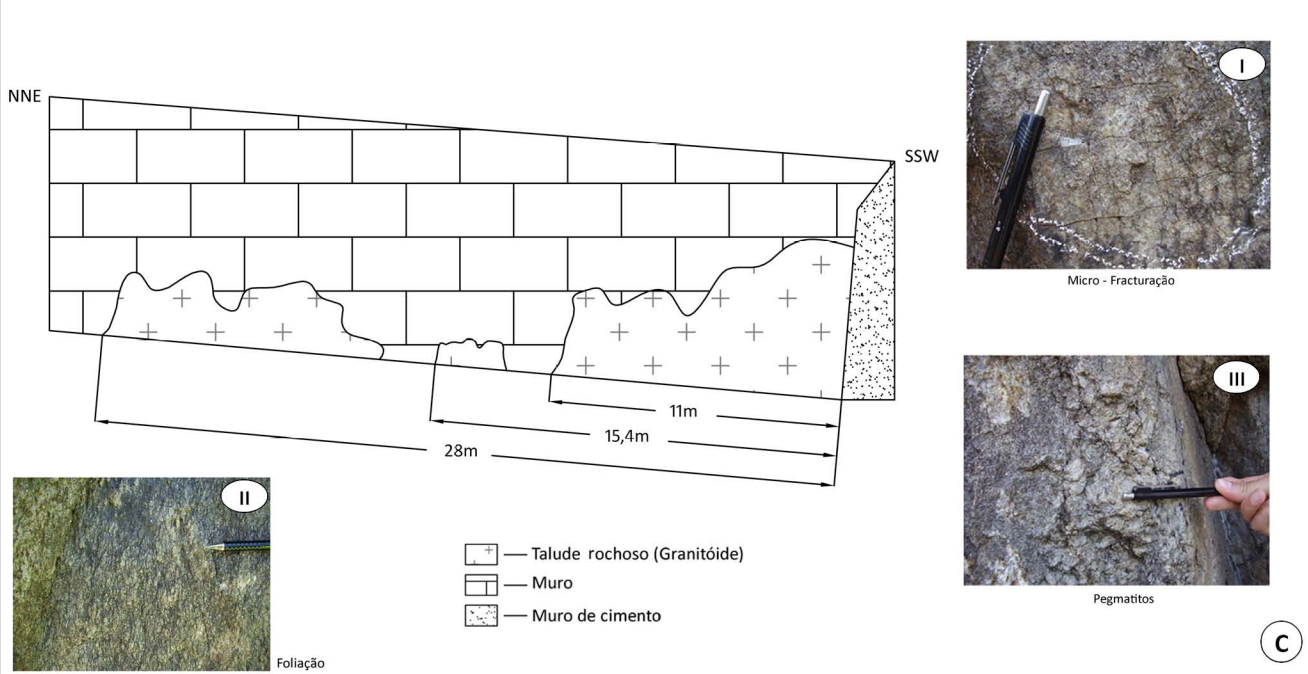
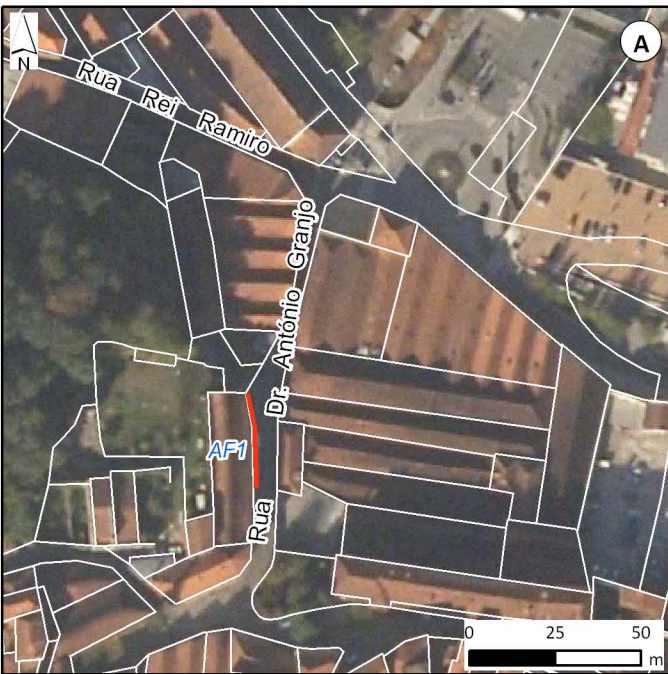
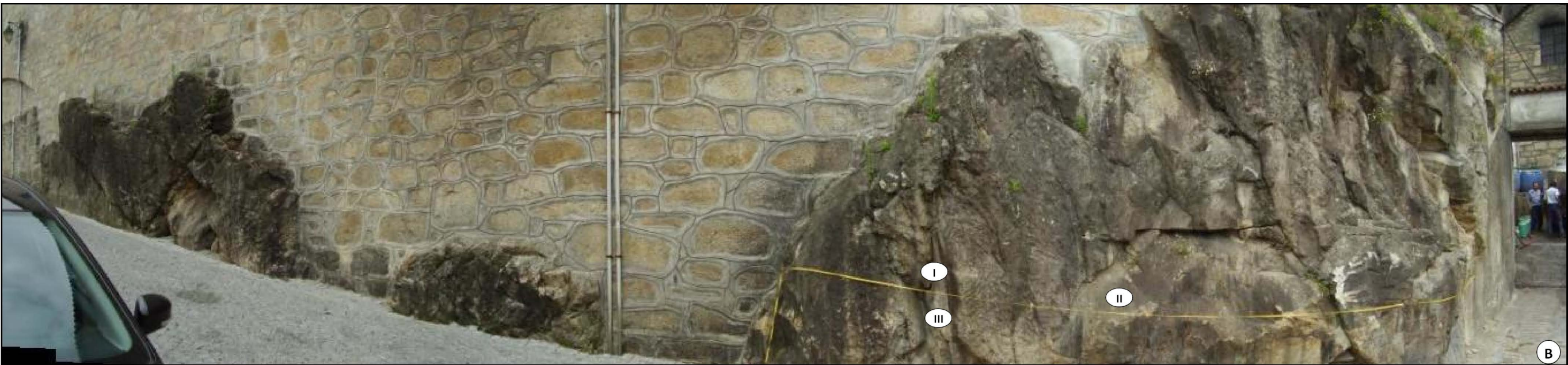
- Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauwaques e xistos

Lineamentos tectónicos foto-interpretados

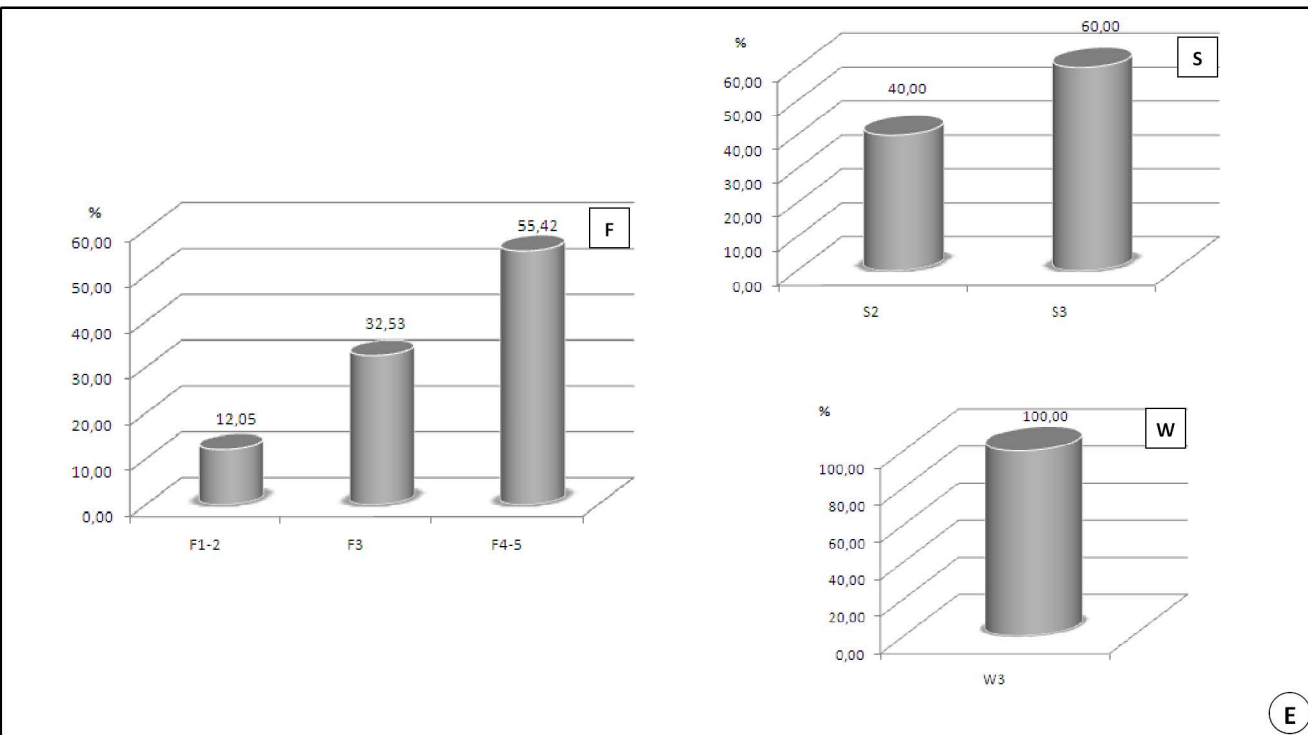
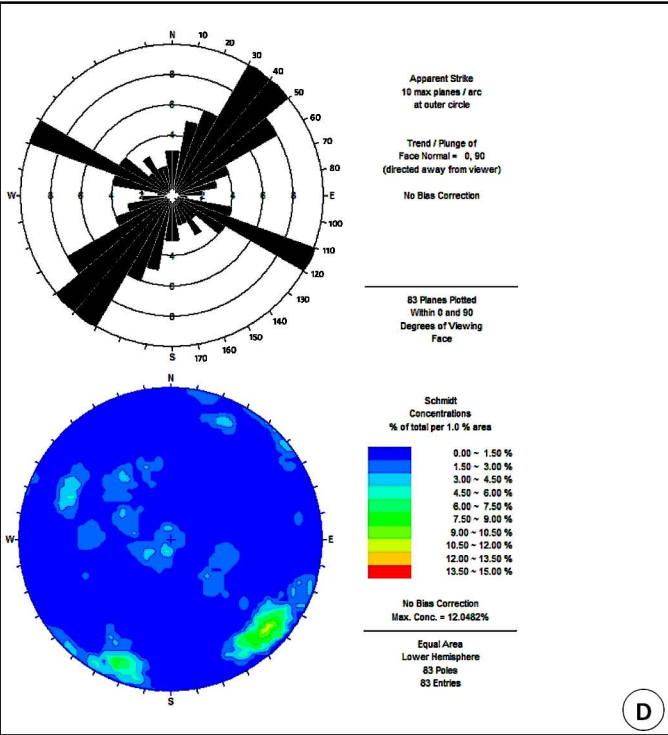
- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos

ID	Designação do talude	Extensão do talude (m)	Orientação média do talude
AF1	R. Dr António Granjo	28,00	NNE-SSW
AF2	Cais Lugan	156,40	SE-NW : ESE-WNW
AF3.1	R. da Praia	59,80	ENE-WSW
AF3.2		23,75	NE-SW
AF3.3		26,00	NE-SW
AF4.1	R. Abílio de Azevedo	67,40	NW-SE
AF4.2		43,70	NW-SE
AF5.1	R. do Cabedelo	87,00	NE-SW
AF5.2		30,00	NE-SW
AF5.3		28,70	NW-SE
AF6	R. do Lago do Linho	57,00	NE-SW
AF7.1	Praia de Lavadores	10,90	SW-NE
AF7.2		13,70	NW-SE
AF7.3		11,20	WSW-ENE
AF7.4		20,70	NW-SE

isep DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar
Escala: 1/15.000		
Data: 08/09/2009		
Desenho nº: I.I	Folha nº: 1/1	Localização dos afloramentos estudados
Versão: Final		



A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
(S - Grau de resistência; W - Grau de alteração;
F - Grau de fracturação)



isep DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar
Escala: -		
Data: 08/09/2009		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF1
Desenho nº: I.II	Folha nº: 1/1	
Versão: Final		


Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																							
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N10°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua Dr. António Granjo (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																							
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,15 DATA: 30-06-2009																																																							
DISCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DISCONTINUIDADE		ATTITUDE		GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO			ABERTURA				TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE				TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENCIA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																							
			Falha	Diaclase	Direcção	Inclinação	W1-2	W3	W4-5	F1	F2	F3	F4	F5	Fechada	Aberta		Muito Aberta	R1-2	R3	R4-5	Valor medido do Semi-Comprimento (L)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C1-2		C3	C4-5	Seco	Húmido	Golejante	Fluxo																	
	(m)	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
21	5,45	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	174	E	68	SW	W3		X		15			X		0,09	X													X	X		-0,30	X					X	X					Ferruginosa							
22	5,50	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	32	E	89	SE	W3		X		5			X		0,09	X														X	X		0,10	X			X			X				-							
23	6,00	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	78	E	1	SE	W3		X		50		X		99,00							X									X	X		1,00	X			X		X		X			-							
24	6,00	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	164	E	55	NE	W3		X		0			X		0,09	X					X	X									0,90	X			X			X				-									
25	6,30	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	59	E	71	NW	W3		X		30		X		0,09	X					X	X										1,00	X			X		X		X			-									
26	6,40	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	152	E	76	SW	W3		X		10			X		0,09	X				X	X										1,00	X			X		X		X			-									
27	6,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	24	E	65	SE	W3		X		30		X		0,09	X					X	X										0,25	X			X		X		X			-									
28	7,30	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	3	E	44	SE	W3		X		60		X		0,09	X					X	X										0,20	X				X			X			-									
29	7,50	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	20	E	70	NW	W3		X		20			X		0,09	X				X	X										0,30	X			X			X				-									
30	7,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	143	E	83	SW	W3		X		20			X		0,09	X				X	X										0,30	X				X		X		X			-								
31	8,10	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	38	E	75	NW	W3		X		40		X		0,09	X					X	X										0,30	X				X		X		X			-								
32	8,40	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	116	E	82	NE	W3		X		30		X		0,09	X					X		X									0,60	X				X		X		X			Veio de quartzo								
33	8,45	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	38	E	70	NW	W3		X		5			X		0,09	X				X	X										0,80	X			X			X		X			-								
34	8,95	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	58	E	72	NW	W3		X		50		X		0,24	X				X	X											0,10	X				X		X		X			-								
35	9,40	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	110	E	75	NE	W3		X		45		X		0,09	X					X	X										-0,10	X				X			X			-									
36	9,50	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	35	E	71	NW	W3		X		10			X		0,09	X				X	X										0,20	X				X		X		X			-								
37	9,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	36	E	62	SE	W3		X		20			X		0,09	X				X	X										0,74	X				X			X			-									
38	10,60	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	52	E	75	NW	W3		X		90		X		0,09	X					X	X										-0,25	X				X			X			-									
39	10,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	44	E	72	NW	W3		X		10			X		0,09	X				X	X										-0,50	X				X			X			-									
40	10,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	104	E	89	SW	W3		X		0			X		0,09	X					X	X									-0,30	X				X			X			-									

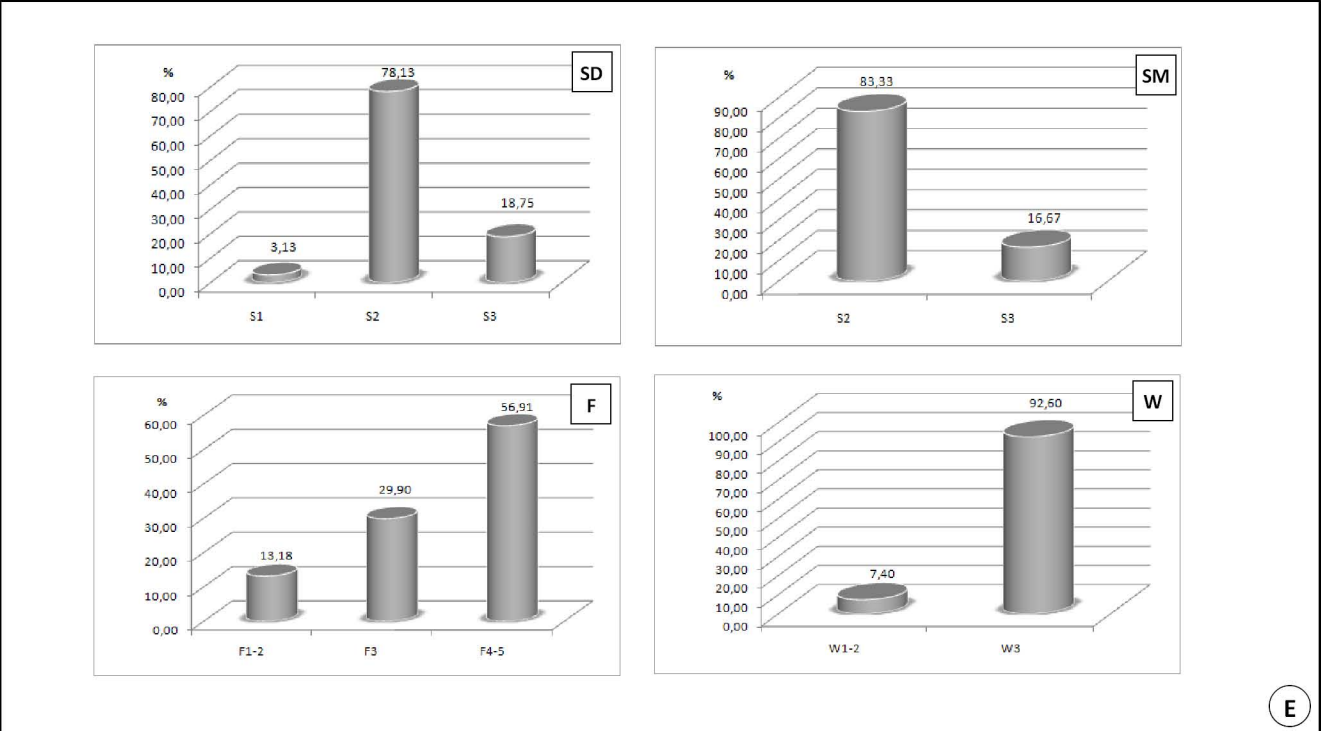
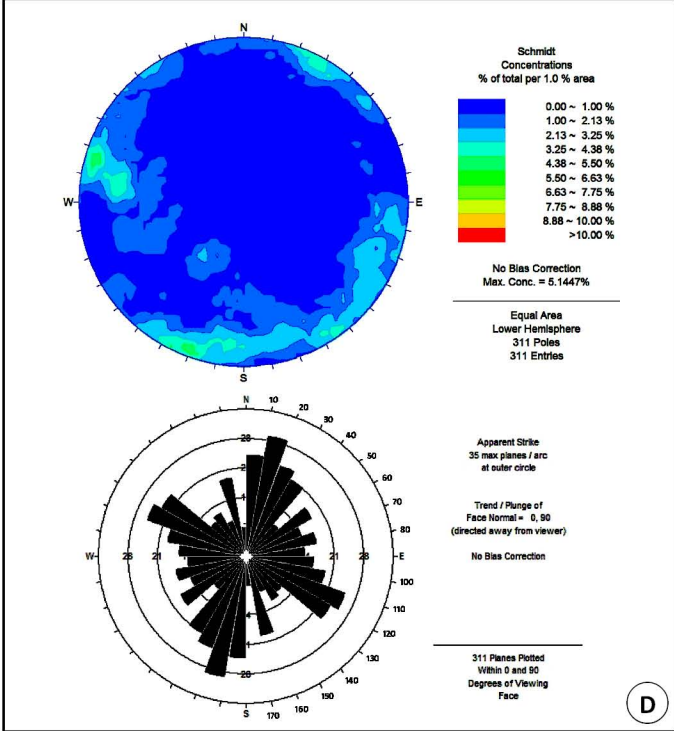
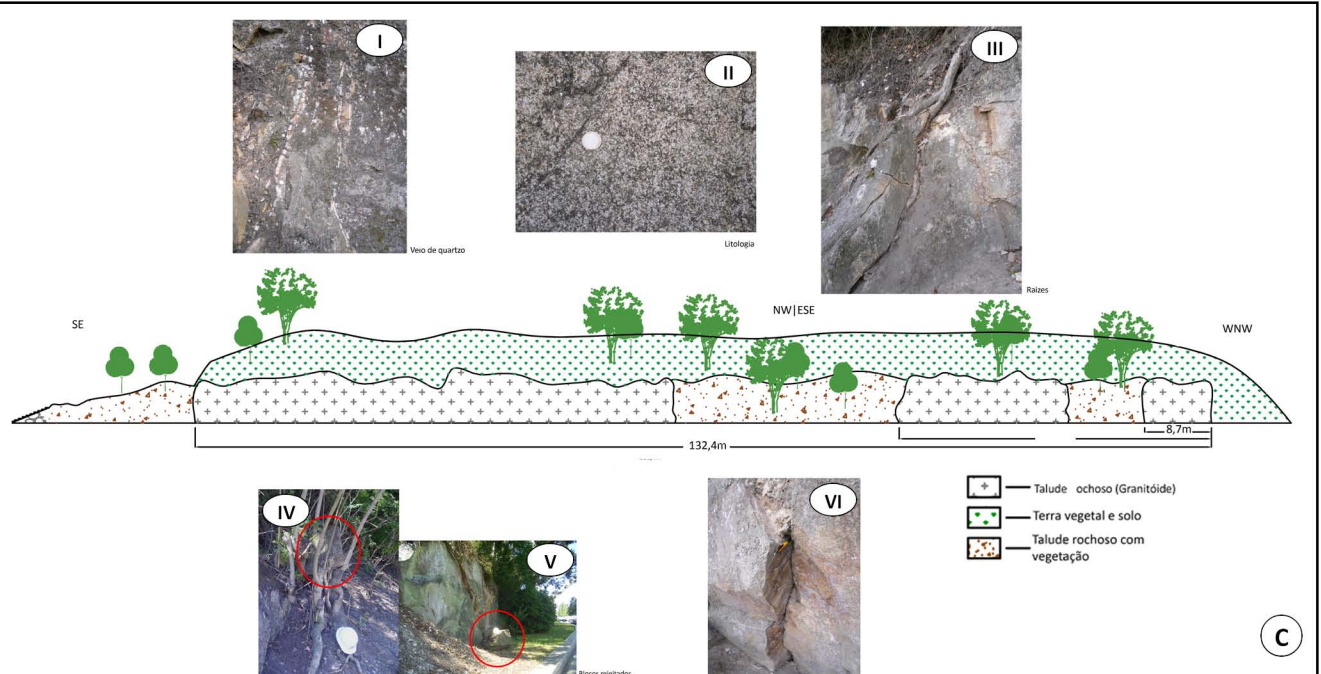
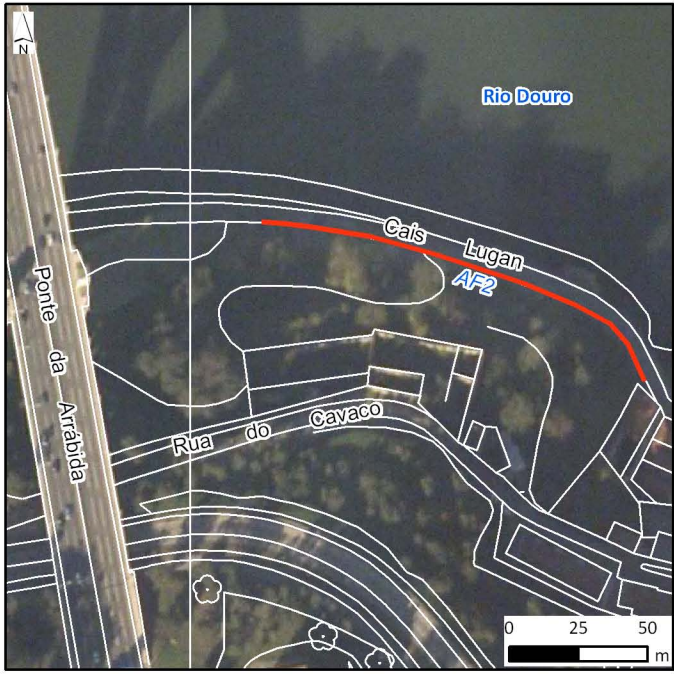
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																								
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N10°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua Dr. Antônio Granjo (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																								
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,15 DATA: 30-06-2009																																																								
DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA A ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DESCONTINUIDADE		ATTITUDE		GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO			ABERTURA			TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENCIA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																								
			Falha	Diáclase	Direcção	Inclinação	Rocha Sã a Levemente Alterada	W1-2	W3	W4-5	Valor médio da intercepção (fracture intercept)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄		F ₅	Fechada	Aberta	Muito Aberta	R _{1,2}	R ₃	R _{4,5}	Valor médio do Semi-Comprimento (L)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	Rocha	Descontinuidade		Obscura	Planas a Levemente Curvas	Curvas	Muito Curvas	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo																
																																									N	(°)	E	(°)	Q	(cm)	(mm)	(m)								
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	
61	19,60	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	45	E	35	NW	W3		X		20		X				9,00					X							X						0,20	X					X								Caulinizada				
62	19,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	116	E	50	SW	W3		X		10			X			99,00							X										0,60	X					X	X							Caulinizada					
63	20,20	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	62	E	42	SE	W3		X		50		X				0,09	X													X	X			0,80	X				X								-					
64	20,30	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	116	E	70	NE	W3		X		10			X			0,09	X													X	X			0,80	X				X	X							-					
65	20,40	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	44	E	42	SE	W3		X		10			X			0,09	X													X	X			0,75	X				X								-					
66	20,50	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	115	E	73	NE	W3		X		10			X			0,20		X												X	X			0,30	X				X								-					
67	20,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	118	E	83	NE	W3		X		20			X			0,09	X													X	X			0,50	X			X									-					
68	20,80	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	32	E	36	SE	W3		X		10			X			0,09	X													X	X			0,60	X			X									-					
69	20,85	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	54	E	84	NW	W3		X		5				X		0,09	X													X	X			0,22	X			X									-					
70	20,90	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	140	E	89	NE	W3		X		5			X			0,09	X													X	X			0,25	X			X									-					
71	20,95	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	44	E	80	NW	W3		X		5				X		0,09	X													X	X			0,25	X			X									-					
72	21,00	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	46	E	80	NW	W3		X		5				X		0,24		X												X			0,10	X					X								-					
73	21,30	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	18	E	32	NW	W3		X		30		X				0,09	X													X	X			0,35	X			X									-					
74	21,90	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	50	E	76	NW	W3		X		60		X				99,00							X								X	X			-1,00	X			X							Caulinizada						
75	23,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	50	E	46	SE	W3		X		180		X				0,09	X													X	X			-0,40	X			X	X								Caulinizada					
76	24,00	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	30	E	64	SE	W3		X		30		X				0,24		X												X	X			0,60	X			X									-					
77	24,80	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E	X		N	16	E	30	NW	W3		X		80		X				99,00							X								X	X			0,30	X			X									Caulinizada				
78	25,50	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	136	E	89	NE	W3		X		70		X				0,09	X													X	X			0,15	X			X									-					
79	25,70	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	38	E	60	NW	W3		X		20			X			0,09	X													X	X			0,50	X			X									-					
80	25,80	Granito grão médio superficialmente arenoso com foliação N100°E		X	N	108	E	75	NE	W3		X		10			X			0,09	X													X	X			0,50	X			X										-				


Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)													
			Direcção			Inclinação																																
	(m)		N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				58,98													
												("Dureza de Schmidt", R)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S
1	0,00	Granito	N	112	E	70	SW		X			33,00	20,00	32,00	34,00	31,00	33,00	31,00	36,00	31,00	34,00	36,0	34,0	34,0	33,0	33,0	59,4	53,3	53,3	50,5	50,5	53,39			X			3
2	3,20	Granito	N	110	E	81	NE		X			24,00	26,00	25,00	20,00	33,00	34,00	41,00	27,00	27,00	25,00	41,0	34,0	33,0	27,0	27,0	78,1	53,3	50,5	36,4	36,4	50,92			X			3
3	6,00	Granito	N	164	E	55	NE		X		X	29,00	27,00	29,00	30,00	28,00	24,00	28,00	23,00	29,00	26,00	30,0	29,0	29,0	29,0	28,0	47,6	45,1	45,1	45,1	42,8	45,14			X			3
4	8,95	Granito	N	58	E	72	NW		X			40,00	38,00	39,00	30,00	38,00	44,00	36,00	38,00	39,00	49,00	49,0	44,0	40,0	39,0	39,0	120,9	92,0	73,9	70,0	70,0	85,37		X				2
5	12,90	Granito	N	22	E	70	SE		X			36,00	28,00	36,00	32,00	33,00	34,00	36,00	26,00	34,00	33,00	36,0	36,0	36,0	34,0	34,0	59,4	59,4	59,4	53,3	53,3	56,98			X			3
6	14,20	Granito	N	124	E	88	NE		X			31,00	31,00	31,00	40,00	40,00	41,00	24,00	31,00	25,00	30,00	41,0	40,0	40,0	31,0	31,0	78,1	73,9	73,9	45,2	45,2	63,29		X				2
7	17,80	Granito	N	102	E	89	NE		X			30,00	33,00	34,00	28,00	31,00	31,00	30,00	35,00	30,00	34,00	35,0	34,0	34,0	33,0	31,0	56,3	53,3	53,3	50,5	45,2	51,71			X			3
8	21,00	Granito	N	46	E	80	NW		X			36,00	34,00	43,00	35,00	40,00	33,00	37,00	31,00	38,00	42,00	43,0	42,0	40,0	38,0	37,0	87,1	82,5	73,9	66,3	62,8	74,52		X				2
9	24,00	Granito	N	30	E	64	SE		X		X	24,00	28,00	32,00	27,00	24,00	27,00	29,00	28,00	20,00	25,00	32,0	29,0	28,0	28,0	27,0	40,1	33,7	31,8	31,8	30,0	33,47			X			3
10	28,00	Granito	N	40	E	80	NW		X			38,00	24,00	38,00	44,00	32,00	21,00	46,00	32,00	31,00	30,00	46,0	44,0	38,0	38,0	32,0	102,6	92,0	66,3	66,3	47,8	75,00		X				2

[illegible]



- A - Localização do talude
- B - Panorâmica do talude
- C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
- D - Diagramas geológico-estruturais
- E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
 - (SD - Grau de resistência nas descontinuidades;
 - SM - Grau de resistência no maciço; W - Grau de alteração;
 - F - Grau de fracturação)

<div><div>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PORTO SEGURO</div></div> <div>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP</div>			
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	<div>Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar</div>
Escala: -			
Data: 08/09/2009			
Desenho nº: I.III		Folha nº: 1/1	<div>Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF2</div>
Versão: Final			

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																								
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N93°E a N150°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Cais Lugan (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																								
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,30 DATA: 01-07-2009																																																								
DESCONTINUIDADE/NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DE DESCONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA						TIPO DE ENCHIMENTO		RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA		PRESEÇA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																	
	N	(°)	E	(°)	Q																																																			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		
1	0,00	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	10	E	60	SE	W1-2	X			0				X		0,09	X												X	X		3,00	X																Oxidada			
2	0,60	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	100	E	58	NE	W1-2	X			60		X				0,09	X												X	X		1,70	X			X																Oxidada
3	0,80	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	178	E	64	NE	W1-2	X			20		X				0,09	X												X	X		1,65	X			X																Oxidada
4	3,10	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	93	E	82	SW	W1-2	X			230	X					0,09	X												X	X		1,40	X			X																Oxidada
5	4,25	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	6	E	87	SE	W1-2	X			115	X					0,09	X												X	X		3,00	X			X	X															Oxidada
6	4,35	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	92	E	84	NE	W1-2	X			10			X		99,00															X	X		3,00	X			X															Oxidada
7	4,45	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	144	E	52	SW	W1-2	X			10			X		9,00						X									X	X		3,00	X			X															Oxidada
8	4,80	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	26	E	80	NW	W1-2	X			35		X				0,09	X													X	X		1,30	X			X															Oxidada
9	5,50	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	52	E	32	SE	W1-2	X			70	X					0,09	X													X	X		3,00	X			X															-
10	5,50	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	102	E	52	NE	W1-2	X			0			X			0,09	X													X	X		1,10	X			X															-
11	5,70	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	166	E	82	NE	W1-2	X			20			X			9,00						X								X	X		3,00	X			X															Oxidada
12	5,90	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	98	E	70	NE	W1-2	X			20			X			0,09	X													X	X		1,40	X			X															-
13	6,20	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)	X		N	20	E	85	SE	W1-2	X			30		X				2,40				X										X	X		3,00	X			X															Oxidada
14	6,45	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	163	E	89	SW	W1-2	X			25		X				0,09	X													X	X		0,55	X			X															-
15	6,50	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	122	E	40	NE	W1-2	X			5			X			0,09	X													X	X		1,30	X			X															-
16	6,60	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	165	E	80	SW	W1-2	X			10		X				0,09	X													X	X		1,80	X			X															-
17	6,70	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	72	E	76	NW	W1-2	X			10		X				0,09	X													X	X		0,50	X			X															-
18	6,80	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	158	E	70	SW	W1-2	X			10			X			0,09	X													X	X		1,80	X			X	X														-
19	7,00	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	61	E	76	SE	W1-2	X			20			X			0,09	X													X	X		1,75	X			X															-
20	7,00	Granito grão médio de uma mica (moscovite) pontualmente foliado (N135°E)		X	N	104	E	55	NE	W1-2	X			0				X		0,09	X													X	X		1,60	X			X															-

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N93°E a N150°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Cais Lugan (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,30 DATA: 01-07-2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
DESCONTINUIDADE/NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DE DESCONTINUIDADE		ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA					TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA		PRESEÇA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	(m)	N	°	E	°	Q	W1-2	W3	W4-5	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	R ₁₋₂	R ₃₋₅	R ₁₋₂	R ₃₋₅	<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C ₁₋₂	C ₃	C ₄₋₅	Seco	Húmido	Gorejete	Fluxo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
(cm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear [scanline]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N93°E a N150°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Cais Lugan (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,30 DATA: 01-07-2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
DESCONTINUIDADE/NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLÓGIA	TIPO DE DESCONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA					TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA		PRESENÇA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			Folha	Dacilose	Direcção		Inclinação		W1-2	W3	W4-5	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Fechada	Aberta	Muito Aberta	Quanto Al água	R ₁₋₂	R ₃	R ₄₋₅	<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C ₁₋₂	C ₃	C ₄₋₅	Seco	Húmido		Gorejete	Fluxo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
(m)			N	(°)	E	(°)	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)






Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

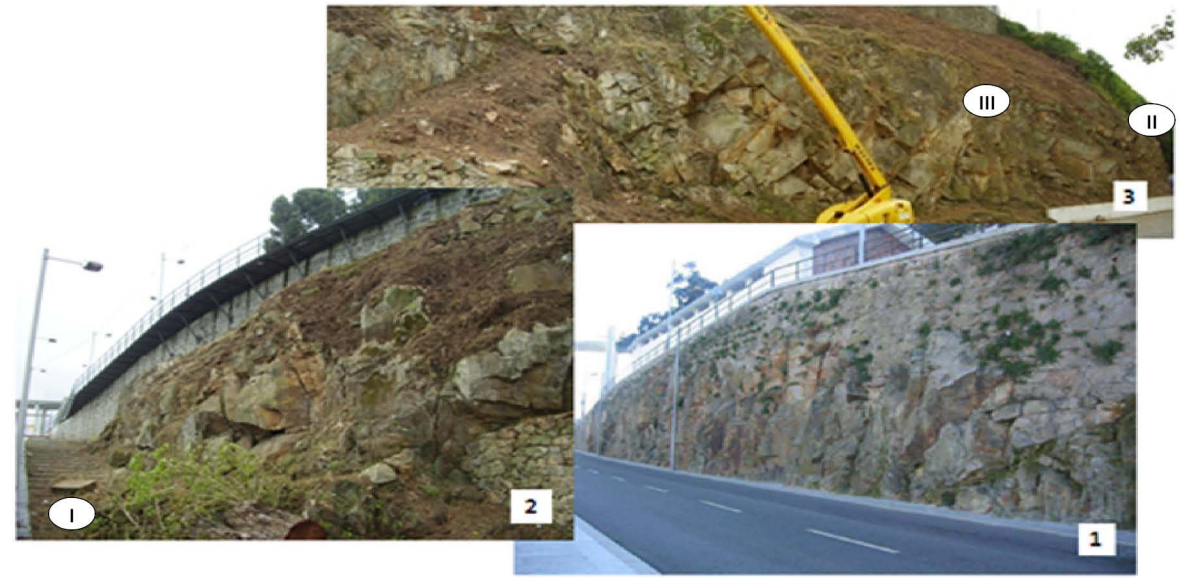
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

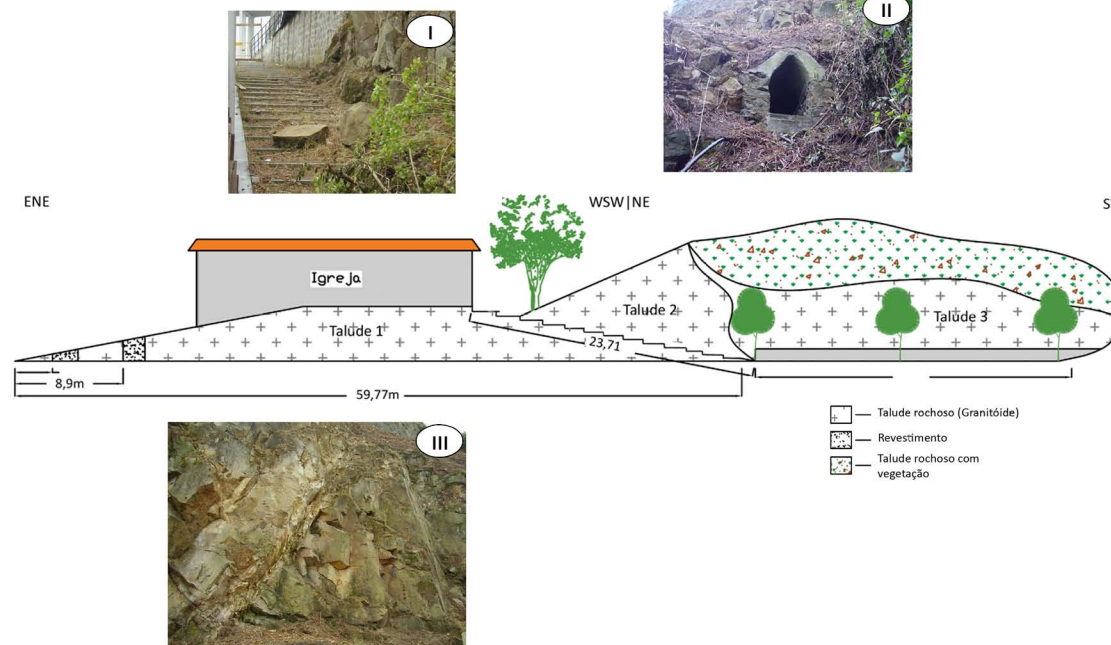
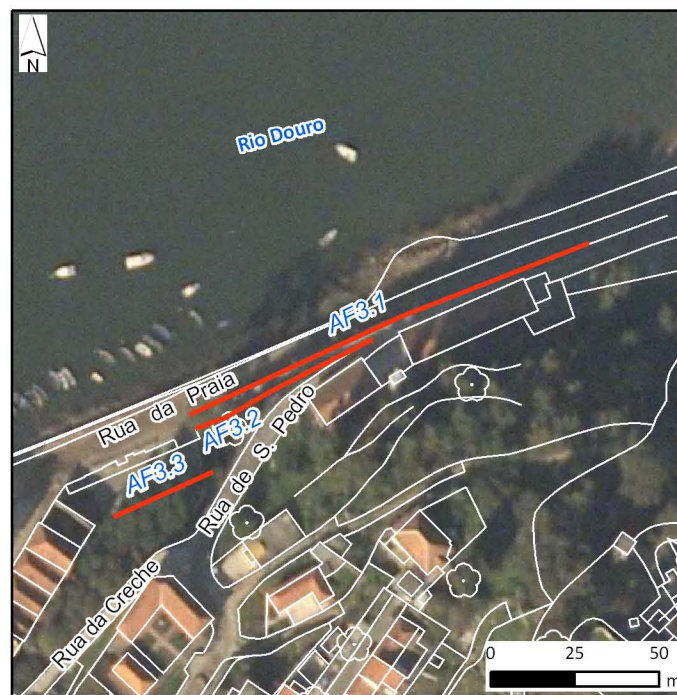
FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (scanline)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N93°E a N150°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Cais Lugan (Sta. Marinha - V.N. Gaia)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,30 DATA: 01-07-2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
DESCONTINUIDADE/NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DE DESCONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA					TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDADE DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA		PRESEÇA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
			Folha	Dacilose																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTACÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA A ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, REBOUND, R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)										
			Direção		Inclinação			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅																																	
								Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada																																	
	(m)		N	(°)	E	(°)	Q									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R					(Mpa)					97,13	>200	60-200	20-60	6-20	<6	S	
																("Dureza de Schmidt", R)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)						
1	0,70	Granito	N	-	E	-	-	X					X			41,00	61,00	45,00	48,00	53,00	45,00	51,00	54,00	58,00	40,00	61,0	58,0	54,0	53,0	51,0	232,8	197,6	158,8	150,4	134,8	174,87		X					2
2	7,00	Granito	N	-	E	-	-	X					X			28,00	30,00	28,00	32,00	39,00	38,00	35,00	42,00	44,00	28,00	44,0	42,0	39,0	38,0	35,0	92,0	82,5	70,0	66,3	56,3	73,42		X					2
3	23,70	Granito	N	-	E	-	-		X		X					49,00	37,00	29,00	38,00	45,00	28,00	34,00	41,00	34,00	48,00	49,0	48,0	45,0	41,0	38,0	133,9	127,0	108,3	87,6	74,7	106,31		X					2
4	28,70	Granito	N	-	E	-	-		X			X				46,00	47,00	34,00	41,00	25,00	33,00	52,00	48,00	42,00	35,00	52,0	48,0	47,0	46,0	42,0	154,8	124,9	118,4	112,2	90,6	120,17		X					2
5	33,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			36,00	32,00	22,00	30,00	34,00	30,00	41,00	27,00	41,00	31,00	41,0	41,0	36,0	34,0	32,0	78,1	78,1	59,4	53,3	47,8	63,34		X					2
6	38,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			40,00	32,00	35,00	35,00	40,00	35,00	27,00	44,00	40,00	43,00	44,0	43,0	40,0	40,0	40,0	92,0	87,1	73,9	73,9	73,9	80,19		X					2
7	73,70	Granito	N	-	E	-	-		X			X				46,00	32,00	42,00	44,00	21,00	33,00	33,00	43,00	43,00	36,00	46,0	44,0	43,0	43,0	42,0	112,2	100,8	95,5	95,5	90,6	98,94		X					2
8	78,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			34,00	47,00	35,00	34,00	32,00	31,00	36,00	29,00	34,00	27,00	47,0	36,0	35,0	34,0	34,0	108,4	59,4	56,3	53,3	53,3	66,14		X					2
9	83,70	Granito	N	-	E	-	-		X			X				35,00	34,00	20,00	22,00	27,00	29,00	28,00	24,00	27,00	38,00	38,0	35,0	34,0	29,0	28,0	73,1	62,2	59,0	45,1	42,8	56,43			X				3
10	88,70	Granito	N	-	E	-	-		X			X				31,00	21,00	20,00	24,00	29,00	33,00	22,00	22,00	23,00	42,00	42,0	33,0	31,0	29,0	24,0	82,5	50,5	45,2	40,6	30,9	49,92			X				3
11	93,70	Granito	N	-	E	-	-		X			X				24,00	41,00	31,00	29,00	32,00	35,00	30,00	34,00	36,00	38,00	41,0	38,0	36,0	35,0	34,0	85,8	73,1	65,7	62,2	59,0	69,16		X					2
12	99,00	Granito	N	-	E	-	-		X				X			36,00	36,00	40,00	42,00	50,00	47,00	40,00	46,00	46,00	53,00	53,0	50,0	47,0	46,0	46,0	150,4	127,7	108,4	102,6	102,6	118,33		X					2
13	103,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			55,00	44,00	50,00	46,00	49,00	54,00	57,00	53,00	58,00	58,00	58,0	58,0	57,0	55,0	54,0	197,6	197,6	187,1	167,7	158,8	181,76		X					2
14	108,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			34,00	31,00	31,00	29,00	31,00	31,00	26,00	27,00	29,00	23,00	34,0	31,0	31,0	31,0	31,0	53,3	45,2	45,2	45,2	45,2	46,85			X				3
15	113,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			41,00	37,00	40,00	42,00	32,00	42,00	38,00	29,00	38,00	47,00	47,0	42,0	42,0	41,0	40,0	108,4	82,5	82,5	78,1	73,9	85,08		X					2
16	118,70	Granito	N	-	E	-	-		X		X					49,00	50,00	43,00	46,00	41,00	39,00	41,00	50,00	39,00	42,00	50,0	50,0	49,0	46,0	43,0	141,2	141,2	133,9	114,2	97,4	125,58		X					2
17	123,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			50,00	48,00	52,00	44,00	52,00	48,00	47,00	52,00	42,00	46,00	52,0	52,0	52,0	50,0	48,0	142,4	142,4	142,4	127,7	114,5	133,86		X					2
18	128,70	Granito	N	-	E	-	-		X				X			49,00	33,00	36,00	39,00	39,00	43,00	38,00	36,00	52,00	35,00	52,0	49,0	43,0	39,0	39,0	142,4	120,9	87,1	70,0	70,0	98,08		X					2

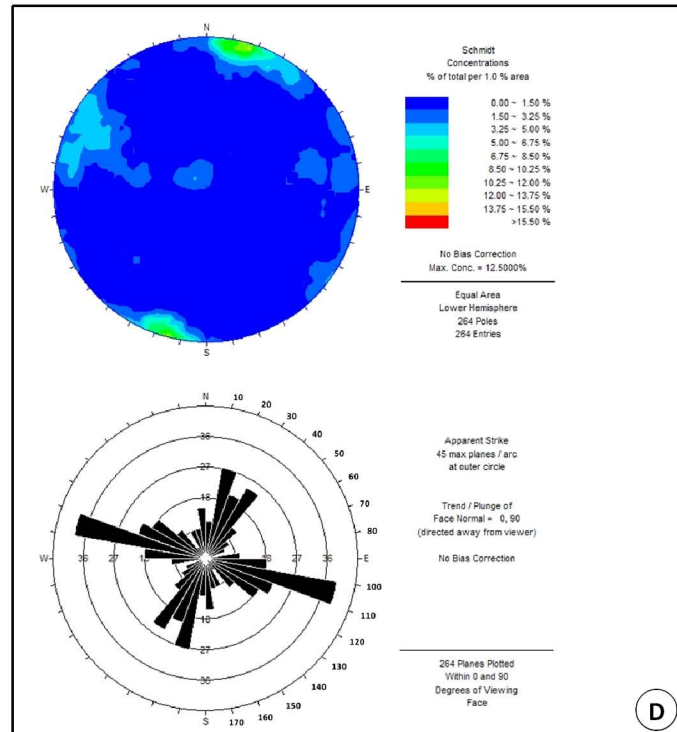


B

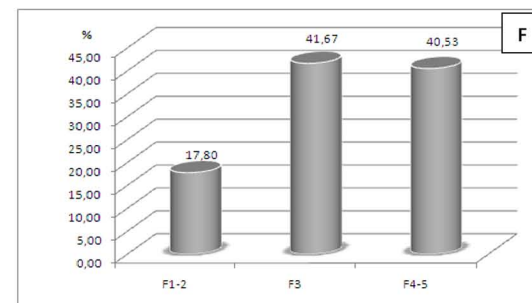
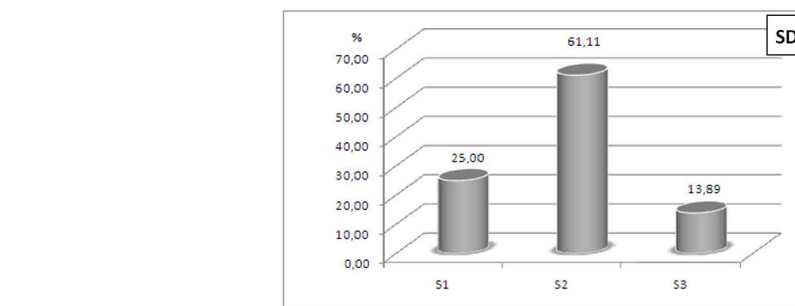


C

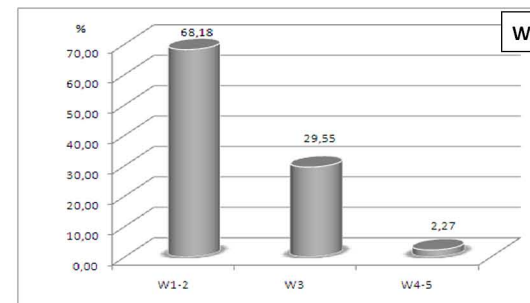
- A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
(SD - Grau de resistência nas descontinuidades;
W - Grau de alteração; F - Grau de fracturação)



D



F



W

E

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP			
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Escala: -			
Data: 08/09/2009		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF3	
Desenho nº: I.IV	Folha nº: 1/1		
Versão: Final			

I.IV.I

Afloramento AF3.1

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO

Técnica de Amostragem Linear (Scanline)

ORIENTAÇÃO:

da "scanline": N85°E

UNIDADE GEOLÓGICA:

Granito

LOCALIZAÇÃO:

Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)

ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,60

DATA: 16-04-2008

DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DESCONTINUIDADE		ATITUDE			GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA					TIPO DE ENCHIMENTO		RUGOSIDADE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENCIA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																	
			Falha	Dielase	Direcção	Inclinação	W1-2	W3	W4-5	F1	F2	F3	F4	F5	Fechada	Aberta	Muito Aberta					R _{1,2}	R ₃	R _{4,5}	<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C _{1,2}	C ₃	C _{4,5}	S1	S2		S3	S4	S5														
	N																																									(°)	E	(°)	Q	(cm)	(mm)	(m)							
	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
101	38,90	Granito de duas micas	X		N	58	E	32	NW	W1-2	X				10			X			45,00								X				X		X		0,05	X					X						-						
102	39,10	Granito de duas micas	X		N	30	E	86	SE	W1-2	X				20			X			0,09	X										X	X		-0,20	X						X					-								
103	39,20	Granito de duas micas	X		N	28	E	88	NW	W1-2	X				10			X			15,00							X					X		4,00		X				X						Zona de esmagamento húmida								
104	39,30	Granito de duas micas		X	N	158	E	80	NE	W1-2	X				10			X			0,09	X										X	X		0,20	X				X			X				Arenização								
105	39,60	Granito de duas micas		X	N	88	E	65	NW	W1-2	X				30		X				0,09	X						X	X				X		0,15	X				X			X			-									
106	39,75	Granito de duas micas		X	N	30	E	68	SE	W1-2	X				15			X			1,00				X							X	X		-0,50	X				X			X			-									
107	39,85	Granito de duas micas		X	N	174	E	80	SW	W1-2	X				10			X			0,09	X										X	X		2,00	X					X					-									
108	40,00	Granito de duas micas		X	N	120	E	84	NE	W1-2	X				15			X			0,09	X						X	X				X		1,50	X				X			X			-									
109	40,10	Granito de duas micas		X	N	104	E	50	NE	W1-2	X				10			X			0,09	X						X	X				X		1,50	X				X			X			-									
110	40,35	Granito de duas micas		X	N	160	E	68	SW	W1-2	X				25		X				0,09	X						X	X				X		1,50	X				X			X			-									
111	40,60	Granito de duas micas		X	N	104	E	88	SW	W1-2	X				25		X				1,00				X							X	X		0,20	X				X			X			-									
112	40,75	Granito de duas micas		X	N	124	E	88	SW	W1-2	X				15			X			0,09	X						X	X				X		0,30	X				X			X			-									
113	40,80	Granito de duas micas		X	N	110	E	88	NE	W1-2	X				5			X			30,00						X						X		0,40	X				X			X			-									
114	41,00	Granito de duas micas		X	N	6	E	72	NW	W1-2	X				20		X				0,09	X						X	X				X		0,60	X				X			X			-									
115	41,20	Granito de duas micas		X	N	110	E	88	NE	W1-2	X				20			X			0,09	X						X	X				X		1,00	X				X			X			-									
116	41,60	Granito de duas micas		X	N	46	E	88	NW	W1-2	X				40		X				0,09	X						X	X				X		2,00	X				X			X			-									
117	41,80	Granito de duas micas		X	N	110	E	88	NE	W1-2	X				20			X			0,09	X						X	X				X		2,00	X				X			X			-									
118	42,30	Granito de duas micas		X	N	40	E	88	NW	W1-2	X				50		X				10,00					X						X	X		2,00	X				X			X			-									
119	42,60	Granito de duas micas		X	N	94	E	86	NE	W1-2	X				30		X				0,09	X						X	X				X		2,00	X				X			X			-									
120	43,00	Granito de duas micas	X		N	12	E	78	SE	W1-2	X				40		X				5,00				X							X	X		0,30	X				X			X			-									

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																							
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N85°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)																																																							
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,60 DATA: 16-04-2008																																																							
DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DESCONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO				GRAU DE FRACTURAÇÃO								ABERTURA						TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDADE			CONTINUIDADE						TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENCIA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES										
			Falha	Diaclese	N	(°)	E	(°)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha muito a Compelamente Alterada	Valor medido da intercepção (Fracture Intercept)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Valor Medido da Abertura	Fechada	Aberta	Muito Aberta	Quirto	Agila	Rocha/Rocha esmagada	Vegetação/Raízes/Mat. Orgânica	Nenhum	R ₁₋₂	R ₃	R ₄₋₅	Valor medido do Semi-Comprimento (L)	<1	1-3	3-10	10-20	>20	Rocha	Descontinuidade	Obscura	Planas a Ligeiramente Curvas	Curvas	Muito Curvas	Seco	Húmido		Gotejante	Fluxo								
(m)	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		
141	49,60	Granito de duas micas		X	N	154	E	88	SW		W1-2	X					X				0,09	X										X	X		-0,50	X						X							-						
142	49,80	Granito de duas micas		X	N	88	E	60	NW		W1-2	X						X			0,09	X											X	X		0,5					X								-						
143	49,90	Granito de duas micas		X	N	106	E	79	NE		W1-2	X						X			0,09	X											X	X		-0,60	X					X							-						
144	50,10	Granito de duas micas		X	N	120	E	48	NE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,5					X							-						
145	50,20	Granito de duas micas		X	N	26	E	64	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		-0,50	X					X							-					
146	50,30	Granito de duas micas		X	N	26	E	66	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,10	X				X								-					
147	50,75	Granito de duas micas	X		N	56	E	80	SE		W1-2	X								40,00						X									X		3,00		X				X							Caixa de falha					
148	50,95	Granito de duas micas		X	N	106	E	88	SW		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,40	X					X								-				
149	51,10	Granito de duas micas		X	N	28	E	68	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		2,00	X					X								-				
150	51,25	Granito de duas micas		X	N	112	E	88	NE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		2,00	X					X								-				
151	51,40	Granito de duas micas		X	N	32	E	58	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		2,00	X					X								-				
152	51,50	Granito de duas micas		X	N	100	E	80	NE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		2,00	X					X								-				
153	51,60	Granito de duas micas		X	N	20	E	62	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,20	X				X										-			
154	51,75	Granito de duas micas		X	N	160	E	78	SW		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		3,00		X				X									-			
155	52,10	Granito de duas micas		X	N	74	E	80	NW		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		3,00		X				X									-			
156	52,35	Granito de duas micas		X	N	20	E	64	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,50	X					X									-			
157	52,60	Granito de duas micas		X	N	6	E	44	SE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,50	X				X										-			
158	52,65	Granito de duas micas		X	N	178	E	68	SW		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		0,20	X					X									-			
159	52,80	Granito de duas micas		X	N	92	E	18	NE		W1-2	X						X			0,09	X												X	X		-0,20	X					X									-			
160	53,30	Granito de duas micas	X		N	20	E	62	SE		W1-2	X									10,00					X								X	X		3			X			X									Rocha esmagada			

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

I.IV.II

Afloramento AF3.2

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																							
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N61°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)																																																							
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,50 DATA: 11-04-2008																																																							
DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DE DESCONTINUIDADE	ATITUDE						GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA					TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDA DE	CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENÇA DE ÁGUA			OBSERVAÇÕES																
				Direcção			Inclinação			W1-2	W3	W4-5	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Fechada	Aberta	Muito Aberta	Valor medido da interceptação (Fracture Intercept)	Valor Medido da Abertura			<0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	0.5-2.5	2.5-10	10-100	100-1000	>1000	Caverosa	Valor medido do Semi-Comprimento (L)	<1	1-3	3-10	10-20		>20	R	D	O	C ₁₋₂	C ₃	C ₄₋₅	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo					
	(m)	Falha	Dilatare	N	(º)	E	(º)	Q		Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha muito a Completamente Alterada	>200	60- 200	20- 60	6- 20	Próximas	<6		<0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	0.5-2.5	2.5-10	10	10-100	100-1000	>1000		Quartzzo	Argila	Rocha/Rocha esmagada	Vegetação/Raízes/Mat. Orgânica	Nenhum	R ₁₋₂	R ₃	R ₄₋₅	(m)	Rocha	Descontinuidade	Obscura	Planas a Ligeiramente Curvas	Curvas	Muito Curvas	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo							
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	
1	0,20	Granito de duas micas		X	N	165	E	60	SW	W3		X		20				X		5,00						X								X	X		0,15	X							X		X		X				Musgo		
2	1,25	Granito de duas micas		X	N	103	E	78	NE	W3		X		105	X					0,09	X												X	X		0,15	X							X		X		X				Musgo			
3	1,30	Granito de duas micas		X	N	10	E	60	NW	W3		X		5				X		0,09	X												X	X		0,15	X							X		X		X				Musgo			
4	3,00	Granito de duas micas		X	N	40	E	88	SE	W3		X		170	X					0,09	X												X	X		0,15	X							X		X		X				-			
5	3,75	Granito de duas micas		X	N	98	E	56	SW	W3		X		245	X					0,09	X												X	X		0,25	X							X		X		X				-			
6	4,10	Granito de duas micas		X	N	93	E	66	NE	W3		X		35		X				70,00								X					X	X		0,25	X							X		X		X				Musgo			
7	4,65	Granito de duas micas		X	N	12	E	62	NW	W4-5			X	55		X				50,00								X					X	X		0,20	X							X		X		X				Musgo			
8	5,50	Granito de duas micas		X	N	112	E	85	SW	W3		X		85	X					0,09	X												X	X		0,20	X							X		X		X				Musgo			
9	5,60	Granito de duas micas		X	N	55	E	85	NW	W3		X		10			X			1,00						X							X	X		0,20	X					X		X		X				-					
10	6,50	Granito de duas micas		X	N	34	E	60	SE	W3		X		90	X					0,09	X												X	X		0,04	X							X		X		X				-			
11	7,20	Granito de duas micas		X	N	110	E	82	NE	W3		X		70	X					10,00						X							X	X		0,25	X							X		X		X				-			
12	7,20	Granito de duas micas		X	N	16	E	40	SE	W3		X		70	X					0,09	X												X	X		0,50	X					X			X		X				-				
13	8,30	Granito de duas micas		X	N	108	E	88	NE	W3		X		110	X					1,00						X							X	X		0,20	X							X		X		X				-			
14	8,30	Granito de duas micas		X	N	42	E	66	SE	W3		X		0			X			5,00						X							X	X		0,70	X					X			X		X				-				
15	11,10	Granito de duas micas		X	N	10	E	72	NW	W3		X		280	X					20,00							X						X	X		0,13	X					X			X		X				Foliação tectónica (N80°-100°E)				
16	11,50	Granito de duas micas		X	N	120	E	80	SW	W4-5			X	40		X				20,00							X						X	X		0,13	X						X		X		X				-				
17	11,90	Granito de duas micas		X	N	106	E	84	NE	W3		X		40		X				0,09	X												X	X		-1,70	X						X		X		X				-				
18	12,30	Granito de duas micas		X	N	106	E	84	NE	W3		X		40		X				30,00							X						X	X		-1,70	X						X		X		X				-				
19	13,30	Granito de duas micas		X	N	106	E	84	NE	W3		X		100		X				30,00							X						X	X		-1,80	X						X		X		X				-				
20	13,65	Granito de duas micas		X	N	106	E	84	NE	W3		X		35		X				20,00							X						X	X		-1,80	X						X		X		X				-				

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO

Técnica de Amostragem Linear (Scanline)

ORIENTAÇÃO:

da "scanline": N61°E

UNIDADE GEOLÓGICA: Granito

LOCALIZAÇÃO: Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)

ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,50

DATA: 11-04-2008

DESCONTINUIDADE N.º	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DECONTINUIDADE	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA			TIPO DE ENCHIMENTO	RUGOSIDADE			CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENÇA DE ÁGUA			OBSERVAÇÕES	
				Direcção	Inclinação	W1-2	W3	W4-5	F1	F2	F3	F4	F5	Fechada	Aberta	Muito Aberta	R1-2	R3	R4-5		<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C1-2	C3	C4-5	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo				
	Falha	Diáclase	N	(°)	E	(°)	Q	Valor medido da interceptação (Fracture Intercept)	Valor Medido da Abertura	Quartzo	Argila	Rocha/Rocha esmagada	Vegetação/raízes/Mat. Orgânica	Nenhum	Lisa a Algo Rugosa	Rugosa	Muito Rugosa	Valor medido do Semi-Comprimento (L)	Rocha	Descontinuidade	Obscura	Planas a Levemente Curvas	Curvas	Muito Curvas	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo											
(m)				7	8	9	10	11	12	13	14	15	(cm)	(mm)	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
21	14,40	Granito de duas micas	X	N	106	E	84	NE	W3		X		75	X						10,00			X		X		-1,70	X					X		X				-
22	14,60	Granito de duas micas	X	N	120	E	78	SW	W3		X		20							20,00			X		X		-1,70	X				X		X				-	
23	14,80	Granito de duas micas	X	N	105	E	80	SW	W3		X		20							0,09	X		X		X		-1,70	X			X		X		X			-	
24	14,80	Granito de duas micas	X	N	50	E	24	NW	W3		X		0							20,00		X		X		-1,50	X			X		X	X				-		
25	15,00	Granito de duas micas	X	N	30	E	50	NW	W3		X		20							1,00			X		X		-1,50	X			X		X	X			-		
26	15,85	Granito de duas micas	X	N	98	E	80	SW	W3		X		85	X						20,00		X		X		1,60	X			X	X		X				-		
27	16,40	Granito de duas micas	X	N	98	E	80	SW	W3		X		55	X						5,00			X		X		1,70	X			X	X		X			-		
28	17,00	Granito de duas micas	X	N	64	E	44	NW	W3		X		60	X						0,09	X		X		X		1,50	X			X		X	X			-		
29	17,90	Granito de duas micas	X	N	170	E	88	NE	W3		X		90	X						5,00			X		X		2,50	X			X		X	X			-		
30	19,70	Granito de duas micas	X	N	112	E	82	SW	W3		X		180	X						0,09	X		X		X		2,50	X			X	X	X				-		
31	20,00	Granito de duas micas	X	N	112	E	80	SW	W3		X		30	X						10,00			X		X		2,50	X			X	X	X				-		
32	21,35	Granito de duas micas	X	N	105	E	80	SW	W4-5			X	135	X						0,09	X		X	X		2,50	X			X		X	X			-			
33	21,70	Granito de duas micas	X	N	105	E	76	SW	W4-5			X	35	X						0,09	X		X	X		2,50	X			X		X	X			-			
34	22,00	Granito de duas micas	X	N	40	E	70	NW	W3		X		30	X						0,09	X		X	X		2,00	X			X		X	X			-			
35	23,75	Granito de duas micas	X	N	160	E	70	NE	W3		X		175	X						0,09	X		X		X		0,70	X			X		X			-			

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

I.IV.III

Afloramento AF3.3

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO

Técnica de Amostragem Linear (Scanline)

ORIENTAÇÃO:

da "scanline": N70°E

UNIDADE GEOLÓGICA:

Granito

LOCALIZAÇÃO:

Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)

ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m):






1,50

DATA:

11-04-2008

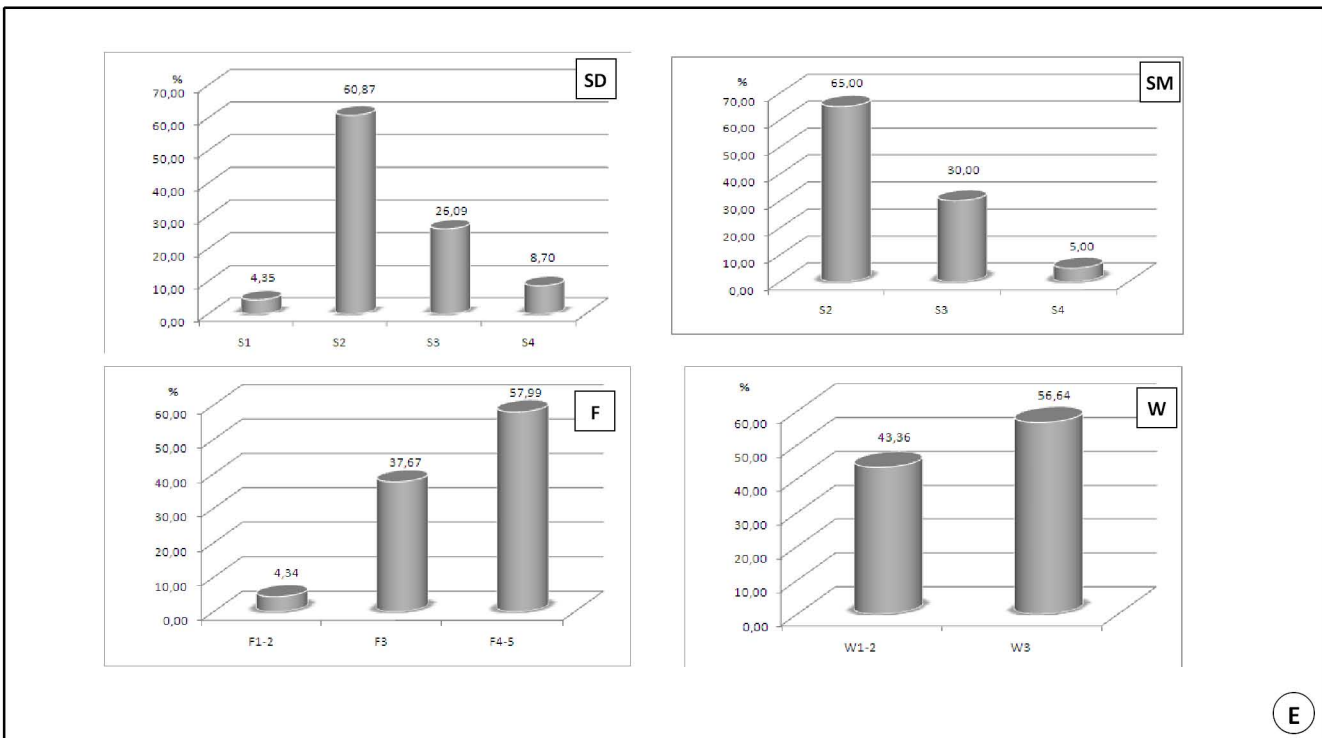
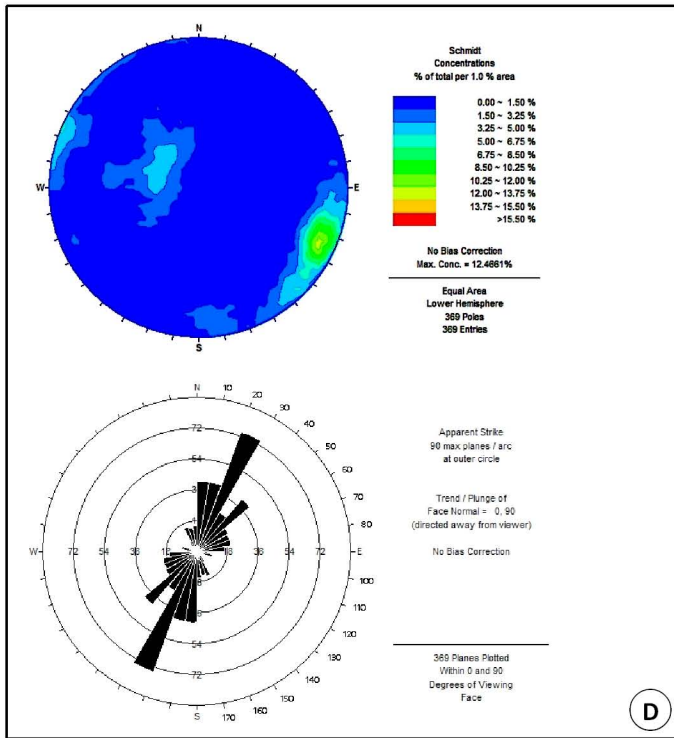
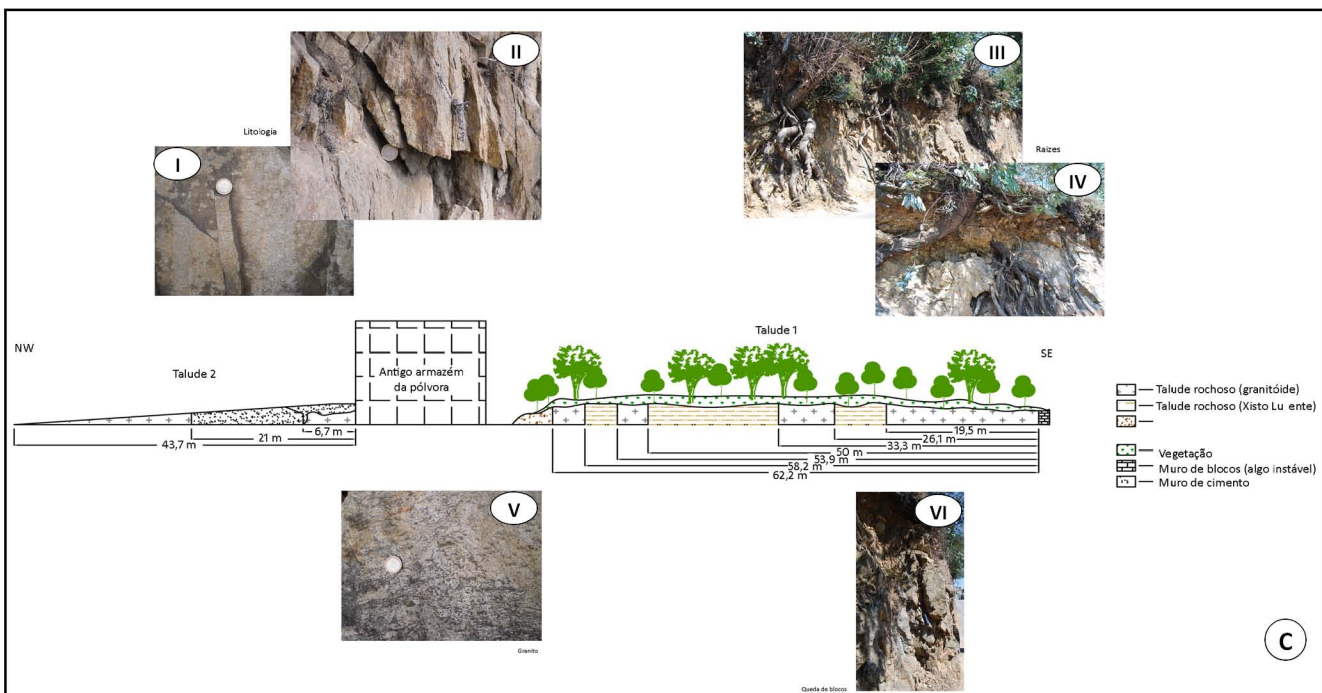
DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DESCONTINUIDADE		ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO				GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA				TIPO DE ENCHIMENTO				RUGOSIDADE				CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENÇA DE ÁGUA			OBSERVAÇÕES					
			Falha	Diaclase	Direcção	Inclinação		W1-2	W3	W4-5	F1	F2	F3	F4	F5	Fechada	Aberta	Muito Aberta					R ₁₋₂	R ₁	R ₂	R ₃₋₅	<1	1-3	3-10	10-20	>20	R	D	O	C ₁₋₂	C ₃	C ₄₋₅	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo									
																																										N	(°)	E		(°)	Q	(cm)	(mm)	Quartzo e Argila
	(m)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49		50	51	52	53	54
1	0,00	Granito de duas micas		X	N	136	E	50	NE	W3		X			0															X		X		-0,30	X					X								Musgo		
2	0,15	Granito de duas micas		X	N	140	E	54	NE	W3		X			15															X		X		3,00		X				X								-		
3	0,20	Granito de duas micas	X		N	36	E	48	SE	W3		X			5															X		X		3,00		X				X								-		
4	0,70	Granito de duas micas		X	N	134	E	45	SW	W3		X			50		X													X		X		4,00		X			X									Rocha esmagada		
5	1,10	Granito de duas micas		X	N	136	E	60	NE	W3		X			90		X													X		X		4,00		X			X									Rocha esmagada		
6	1,45	Granito de duas micas		X	N	136	E	60	NE	W3		X			35		X													X		X		4,00		X			X									Rocha esmagada		
7	1,75	Granito de duas micas		X	N	112	E	62	SW	W3		X			30		X													X		X		0,40	X				X									-		
8	2,00	Granito de duas micas		X	N	14	E	40	SE	W3		X			25		X													X		X		0,40	X				X									-		
9	2,45	Granito de duas micas		X	N	14	E	80	SE	W3		X			45		X													X		X		0,40	X				X									-		
10	2,80	Granito de duas micas		X	N	98	E	70	SW	W3		X			35		X													X		X		0,20	X				X									-		
11	2,90	Granito de duas micas		X	N	10	E	8	SE	W3		X			10			X												X		X		0,10	X				X									-		
12	3,40	Granito de duas micas	X		N	32	E	40	SE	W3		X			60		X													X		X		0,20	X				X									-		
13	3,90	Granito de duas micas		X	N	96	E	10	SW	W3		X			50		X													X		X		-0,40	X				X									-		
14	4,20	Granito de duas micas		X	N	15	E	72	SE	W3		X			30		X													X		X		-0,25	X				X									-		
15	4,40	Granito de duas micas		X	N	100	E	85	SW	W3		X			20		X													X		X		-0,40	X				X									-		
16	4,55	Granito de duas micas		X	N	46	E	64	SE	W3		X			15			X												X		X		-0,40	X				X									-		
17	5,60	Granito de duas micas		X	N	16	E	30	SE	W3		X			105		X													X		X		-0,60	X				X									Rocha esmagada		
18	5,95	Granito de duas micas		X	N	172	E	80	SW	W3		X			35		X													X		X		-0,50	X				X									-		
19	6,10	Granito de duas micas		X	N	178	E	84	SW	W3		X			15			X												X		X		-0,15	X				X									-		
20	6,60	Granito de duas micas		X	N	172	E	80	SW	W3		X			50		X													X		X		3,00		X			X									-		

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																																									
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N70°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua da Praia (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)																																																																									
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,50 DATA: 11-04-2008																																																																									
DESCONTINUIDADE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DECONTINUIDADE		ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA				TIPO DE ENCHIMENTO				RUGOSIDADE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESENÇA DE ÁGUA		OBSERVAÇÕES																																
			Falha	Diaclase	Direcção				Inclinação				W1-2	W3	W4-5	Valor medido da interceptação (Fracture Intercept)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Valor Medido da Abertura	Fechada			Aberta	Muito Aberta	Quartzite e Argila	Argila	Rocha esmagada e/ou milonito	Evansite	Nerulim	R ₁₋₂	R ₃	R ₄₋₅	Valor medido do Semi-Comprimento (L)	Lisa e Algo Rugosa	Rugosa	Muito Rugosa	Valor medido do Semi-Comprimento (L)		<1	1-3	3-10	10-20	>20	Rocha	Descontinuidade	Obscura	C ₁₋₂	C ₃	C ₄₋₅	Planas a Ligeiramente Curvas	Muito Curvas	Seco	Húmido	Gotejante	Fluxo															
																							N	(°)	E																																		(°)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha muito a Completamente Alterada	<0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	0.5-2.5	2.5-10	10	10-100	100-1000	>1000	Caverosa
	(m)																																																																								
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56																			
21	6,90	Granito de duas micas		X	N	172	E	70	SW	W3		X		30		X				0,09	X													X		X		4,00		X				X								-																					
22	7,15	Granito de duas micas	X		N	174	E	60	SW	W3		X		25		X				0,09	X													X		X		3,00		X				X								-																					
23	7,25	Granito de duas micas		X	N	174	E	82	SW	W3		X		10			X			0,09	X													X		X		-0,50	X			X		X				X			Musgo																						
24	7,60	Granito de duas micas		X	N	126	E	70	SW	W3		X		35		X				0,09	X													X		X		-0,70	X			X		X				X			Musgo																						
25	7,85	Granito de duas micas		X	N	100	E	68	SW	W3		X		25		X				0,09	X													X		X		-0,50	X			X		X				X			-																						
26	8,50	Granito de duas micas		X	N	156	E	62	SW	W3		X		65		X				0,09	X													X		X		-0,40	X			X		X				X			-																						
27	8,80	Granito de duas micas	X		N	122	E	50	SW	W3		X		30		X				0,09	X													X		X		-0,30	X			X		X				X			Estrias de falha c/ argila																						
28	9,10	Granito de duas micas		X	N	100	E	76	SW	W3		X		30		X				0,09	X													X		X		-0,15	X			X		X				X			-																						
29	9,45	Granito de duas micas		X	N	16	E	54	SE	W3		X		35		X				3,00						X								X	X		0,15	X			X		X				X			-																							
30	9,60	Granito de duas micas		X	N	12	E	54	SE	W3		X		15			X			0,09	X													X	X		0,10	X			X		X				X			-																							
31	9,90	Granito de duas micas		X	N	154	E	86	SW	W3		X		30		X				0,09	X													X	X		4,50		X			X		X				X			-																						
32	10,35	Granito de duas micas		X	N	102	E	70	SW	W3		X		45		X				0,09	X													X	X		5,50		X			X		X				X			-																						
33	10,40	Granito de duas micas		X	N	170	E	46	SW	W4-5			X	5				X		0,09	X													X	X		5,50		X			X		X				X			-																						
34	10,60	Granito de duas micas	X		N	168	E	44	SW	W4-5			X	20		X				0,09	X													X	X		5,50		X			X		X				X			Caixa de falha																						
35	11,30	Granito de duas micas		X	N	80	E	84	SE	W3		X		70		X				0,09	X													X	X		-0,10	X			X		X				X			-																							
36	11,50	Granito de duas micas		X	####	35	##	80	SE	W3		X		20			X			0,09	X													X	X		-0,20	X			X		X				X			-																							
37	12,00	Granito de duas micas		X	N	84	E	88	SE	W3		X		50		X				0,09	X													X	X		-0,30	X			X		X				X			Musgo																							
38	12,80	Granito de duas micas		X	N	98	E	84	SW	W3		X		80		X				0,09	X													X	X		-0,40	X			X		X				X			Musgo																							
39	13,20	Granito de duas micas		X	N	108	E	86	SW	W3		X		40		X				0,09	X													X	X		3,00		X			X		X				X			-																						
40	13,90	Granito de duas micas		X	N	100	E	84	SW	W3		X		70		X				0,09	X													X	X		-0,70	X			X		X				X			-																							

ESTACÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Direcção					Inclinação						W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅	1	2	3	4	5	6	7												8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q	Rocha São a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada	("Dureza de Schmidt", <i>R</i>)										<i>R</i>					(Mpa)					(MPa)	(MPa)					<i>S</i>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

I.V

Afloramento AF4



- A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parametros geológico-geotécnicos:
(SD - Grau de resistência nas descontinuidades;
SM - Grau de resistência no maciço; W - Grau de alteração;
F - Grau de fracturação)

isep DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar
Escala: -		
Data: 08/09/2009		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF4
Desenho nº: I.V	Folha nº: 1/1	
Versão: Final		

I.V.I

Afloramento AF4.1

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N117°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,35 DATA: 14-07-2009																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
DESCONTINUIDADE DE NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DECONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO				GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA										TIPO DE ENCHIMENTO				RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE										TERMINAÇÃO			CURVATURA					PRESEÇA DE ÁGUA			OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			Falha	Diacrise	Direcção				Inclinação				Rocha S3 a ligeiramente Alterada				Rocha Medianamente Alterada				Rocha muito a Compelamente Alterada				Valor medido da intercepção (Fracture Intercept)					Valor Medido da Abertura					Rocha/Rocha esmagada				Vegetação/Raízes/Mat. Orgânica				Lisa a Algo Rugosa		Rugosa		Muito Rugosa		Valor medido do Semi-Comprimento (L)										Rocha			Descontinuidade			Obscura			Planas a ligeiramente Curvas			Muito Curvas			Seco			Húmido			Gotejante			Fluxo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	N		(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E		(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E	(°)	Q	N	(°)	E

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

FICHA DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO-GEOMECÂNICO																																																																																			
Técnica de Amostragem Linear (Scanline)																																																																																			
ORIENTAÇÃO: da "scanline": N117°E UNIDADE GEOLÓGICA: Granito LOCALIZAÇÃO: Rua Abílio de Azevedo (S. Pedro da Afurada - V.N. Gaia)																																																																																			
ALTURA À "SCANLINE"/SOLO (m): 1,35 DATA: 14-07-2009																																																																																			
DESCONTINUIDADE N.º	DISTÂNCIA À ORIGEM (D)	LITOLOGIA	TIPO DECONTINUIDADE		ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO			GRAU DE FRACTURAÇÃO					ABERTURA						TIPO DE ENCHIMENTO		RUGOSIDA DE		CONTINUIDADE					TERMINAÇÃO			CURVATURA			PRESEÇA DE ÁGUA			OBSERVAÇÕES																																										
			Falha	Diaclase	Direcção				Inclinação				W1-2	W3	W4-5	Valor medido da Intercepção (Fracture Intercept)					Valor Medido da Abertura			Fechada		Aberta		Muito Aberta		Quartzito		Argila		Rocha/Rocha esmagada		Vegetação/Raízes/Mat. Orgânica		Nenhum		Ri-2		Ri-3		Ri-4		Ri-5		Valor medido do Semi-Comprimento (L)					Rocha			Descontinuidade			Obscura			Planas a Ligeiramente Curvas			Curvas			Muito Curvas			Seco			Húmido			Gotejante			Fluxo			
(m)	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56																														
181	39,40	Xisto Luzente		X	N	34	E	82	NW	W3		X		15				X		0,09	X											X	X		1,60	X						X									Árvores no maciço dos 39,5m aos 44,8m																																
182	45,05	Xisto Luzente	X		N	25	E	76	SE	W3		X		565	X					9,00						X							X	X		1,90	X					X	X			X					Queda de blocos/raízes																																
183	45,20	Xisto Luzente		X	N	20	E	89	NW	W3		X		15				X		9,00						X							X	X		-0,20	X					X	X			X						Queda de blocos/raízes																															
184	45,25	Xisto Luzente		X	N	32	E	18	SE	W3		X		5				X		0,09	X					X	X							X	X		1,20	X				X			X							Queda de blocos/raízes																															
185	45,30	Xisto Luzente		X	N	103	E	78	SW	W3		X		5				X		0,09	X					X	X								1,10	X				X			X			X						Queda de blocos/raízes																															
186	45,35	Xisto Luzente		X	N	38	E	89	NW	W3		X		5				X		0,09	X					X	X								0,35	X			X			X			X								Queda de blocos/raízes																														
187	45,50	Xisto Luzente		X	N	28	E	80	NW	W3		X		15				X		9,00						X								X	X		0,40	X			X			X			X						Queda de blocos/raízes																														
188	45,55	Xisto Luzente		X	N	26	E	82	SE	W3		X		5				X		0,09	X					X	X								0,60	X					X			X			X						Queda de blocos/raízes																														
189	45,60	Xisto Luzente		X	N	27	E	78	SE	W3		X		5				X		0,09	X					X	X								0,30	X				X			X			X								Queda de blocos/raízes																													
190	45,70	Xisto Luzente		X	N	130	E	60	SW	W3		X		10				X		0,09	X					X	X								1,80	X			X			X			X			X							Queda de blocos/raízes																												
191	46,40	Xisto Luzente		X	N	30	E	83	NW	W3		X		70	X					0,09	X					X	X								0,90	X			X			X			X											Queda de blocos/raízes																											
192	46,45	Xisto Luzente	X		N	157	E	35	NE	W3		X		5				X		9,00						X	X								-0,10	X					X			X			X									Queda de blocos/raízes																											
193	46,80	Xisto Luzente		X	N	23	E	88	SE	W1-2		X		35				X		0,09	X						X	X								0,60	X			X			X			X										Queda de blocos/raízes																											
194	46,85	Xisto Luzente		X	N	65	E	20	SE	W1-2		X		5				X		0,09	X						X	X								-0,10	X				X			X			X									Queda de blocos/raízes																											
195	60,80	Xisto Luzente		X	N	22	E	78	NW	W1-2		X		50				X		9,00						X										0,25	X			X			X			X										Queda de blocos/raízes																											
196	60,90	Xisto Luzente		X	N	15	E	22	SE	W1-2		X		10				X		9,00							X	X								0,05	X			X			X			X										Queda de blocos/raízes																											
197	60,95	Xisto Luzente		X	N	20	E	75	NW	W1-2		X		15				X		9,00						X	X									0,25	X				X			X			X									Queda de blocos/raízes																											
198	47,60	Xisto Luzente		X	N	26	E	82	NW	W3		X		25				X		0,09	X						X	X								0,20	X			X			X			X										Queda de blocos/raízes																											
199	47,90	Xisto Luzente	X		N	22	E	83	SE	W3		X		30						99,00							X	X								-0,50	X				X			X			X									Queda de blocos/raízes																											
200	48,05	Xisto Luzente		X	N	56	E	30	SE	W3		X		15				X		0,09	X															-0,10	X				X			X			X										Queda de blocos/raízes																										

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE		GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, REBOUND, R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)												
					W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅																													S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅		
			Direcção		Inclinação		Rocha Sã a Ligeiramente Alterada		Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada	Muito Elevada	Elevada	Média	Baixa	Muito Baixa																											
			N	(º)	E	(º)	Q		>200	60-200	20-60	6-20	<6																													
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q	("Dureza de Schmidt", R)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S									
	1	0,50	Granito	N	175	E	16		NE	X						X	30,00	31,00	41,00	40,00	45,00	39,00	34,00	34,00	36,00	20,00	45,0	41,0	40,0	39,0	36,0	78,9	62,4	58,8	55,5	46,5	60,42		X			
2	3,50	Granito	N	106	E	46	NE	X						X	29,00	31,00	41,00	35,00	26,00	31,00	38,00	40,00	36,00	45,00	45,0	41,0	40,0	38,0	36,0	85,3	67,6	63,8	56,8	50,6	64,84		X					2
3	6,25	Granito	N	176	E	86	NE	X						X	56,00	53,00	43,00	48,00	55,00	49,00	47,00	44,00	56,00	41,00	56,0	56,0	55,0	53,0	49,0	177,1	177,1	167,7	150,4	120,9	158,66		X					2
4	9,70	Granito	N	58	E	78	SE	X						X	40,00	38,00	43,00	47,00	36,00	43,00	45,00	30,00	43,00	45,00	47,0	45,0	45,0	43,0	43,0	108,4	97,2	97,2	87,1	87,1	95,38		X					2
5	12,40	Granito	N	8	E	35	SE	X						X	53,00	47,00	54,00	56,00	58,00	48,00	46,00	40,00	40,00	43,00	58,0	56,0	54,0	53,0	48,0	213,5	191,8	172,3	163,3	124,9	173,16		X					2
6	15,40	Granito	N	19	E	76	SE	X						X	53,00	51,00	52,00	48,00	47,00	40,00	58,00	52,00	56,00	54,00	58,0	56,0	54,0	53,0	52,0	197,6	177,1	158,8	150,4	142,4	165,26		X					2
7	18,65	Granito	N	62	E	72	NW	X						X	46,00	43,00	41,00	42,00	47,00	27,00	33,00	40,00	34,00	39,00	47,0	46,0	43,0	42,0	41,0	95,9	90,4	76,0	71,7	67,6	80,32		X					2
8	22,20	Xisto	N	18	E	79	NW		X					X	20,00	13,00	15,00	17,00	12,00	19,00	15,00	24,00	22,00	12,00	24,0	22,0	20,0	19,0	17,0	34,5	31,0	27,8	26,4	23,7	28,69			X				3
9	24,55	Xisto	N	22	E	65	SE		X					X	14,00	20,00	17,00	17,00	15,00	10,00	14,00	10,00	16,00	12,00	20,0	17,0	17,0	16,0	15,0	24,8	21,1	21,1	19,9	18,9	21,15			X				3
10	27,95	Granito	N	66	E	60	SE	X						X	31,00	32,00	29,00	38,00	30,00	35,00	31,00	23,00	33,00	32,00	38,0	35,0	33,0	32,0	32,0	66,3	56,3	50,5	47,8	47,8	53,72			X				3
11	30,50	Granito	N	44	E	78	NW	X						X	20,00	14,00	22,00	23,00	21,00	18,00	14,00	15,00	27,00	16,00	27,0	23,0	22,0	21,0	20,0	40,5	32,7	31,0	29,4	27,8	32,29			X				3
12	33,00	Granito	N	29	E	80	NW	X						X	36,00	41,00	43,00	48,00	30,00	47,00	35,00	44,00	34,00	42,00	48,0	47,0	44,0	43,0	42,0	114,5	108,4	92,0	87,1	82,5	96,88		X					2
13	45,05	Xisto	N	25	E	76	SE		X					X	13,00	10,00	10,00	13,00	13,00	16,00	14,00	13,00	10,00	10,00	16,0	14,0	14,0	13,0	13,0	19,9	17,9	16,9	16,9	16,9	17,72				X			4
14	48,05	Xisto	N	56	E	30	SE		X					X	12,00	14,00	14,00	10,00	11,00	14,00	11,00	14,00	12,00	11,00	14,0	14,0	14,0	14,0	12,0	20,2	20,2	20,2	20,2	18,1	19,78				X			4
15	51,00	Granito	N	41	E	76	NW		X					X	19,00	21,00	16,00	17,00	22,00	15,00	12,00	21,00	22,00	12,00	22,0	22,0	21,0	21,0	19,0	27,7	27,7	26,2	26,2	23,5	26,25			X				3
16	54,20	Xisto	N	89	E	28	SE		X					X	12,00	10,00	14,00	10,00	11,00	17,00	11,00	12,00	16,00	12,00	17,0	16,0	14,0	12,0	12,0	24,6	23,3	20,9	18,8	18,8	21,30			X				3
17	56,80	Xisto	N	50	E	32	SE	X						X	58,00	50,00	45,00	47,00	49,00	51,00	52,00	54,00	54,00	48,00	58,0	54,0	54,0	52,0	51,0	213,5	172,3	172,3	154,8	146,7	171,92		X					2
18	60,30	Granito	N	158	E	66	SW	X						X	38,00	35,00	36,00	26,00	36,00	29,00	25,00	31,00	25,00	27,00	38,0	36,0	36,0	35,0	31,0	73,1	65,7	65,7	62,2	50,2	63,37		X					2

I.V.II

Afloramento AF4.2

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)






Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

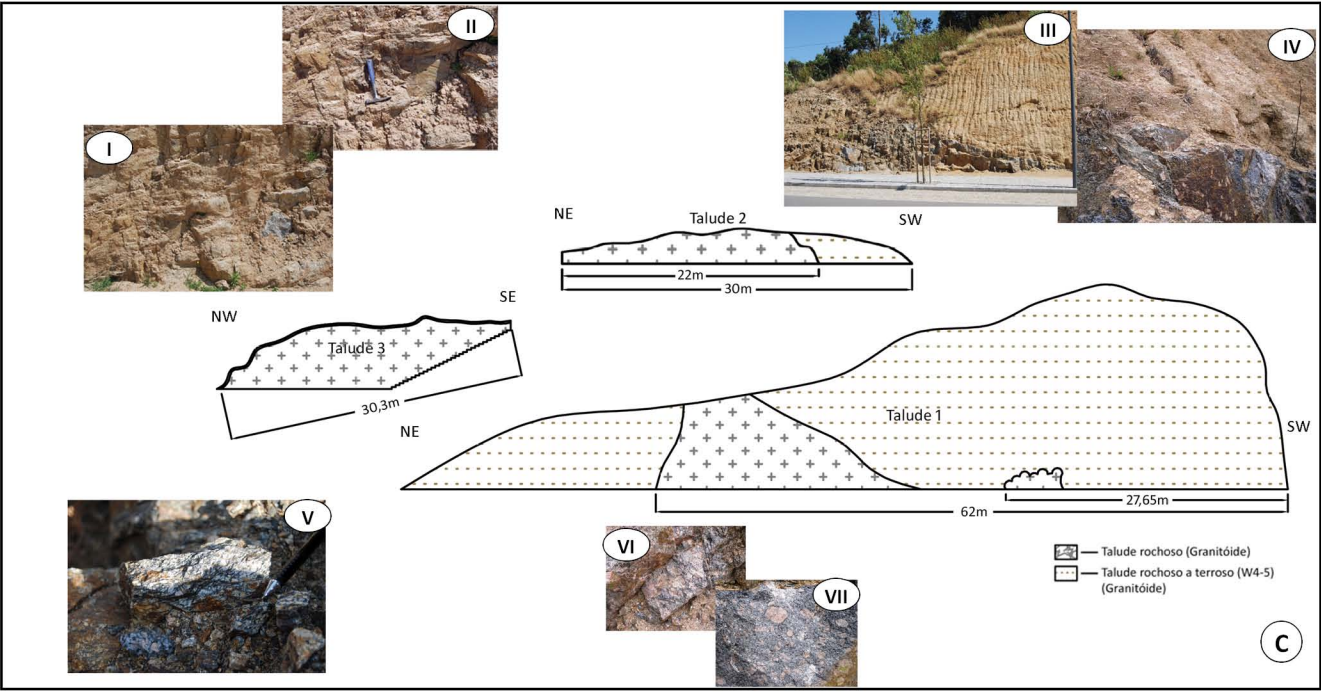
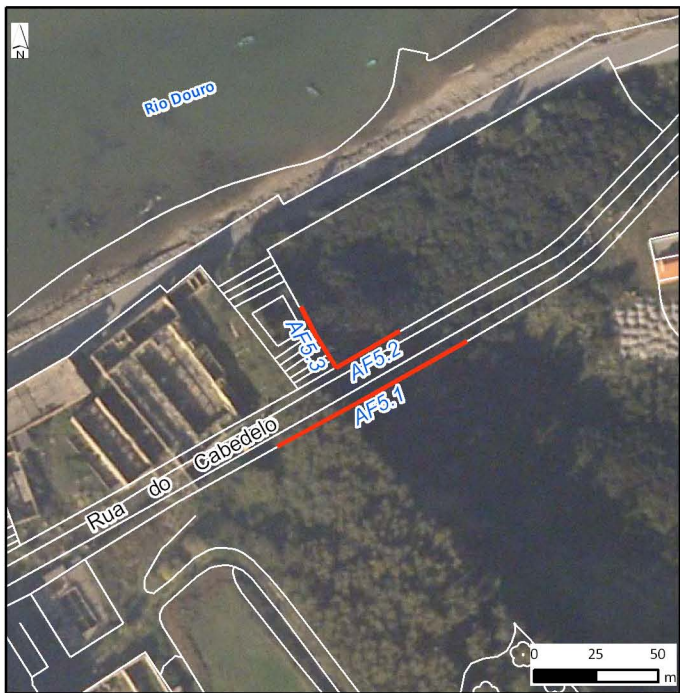
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

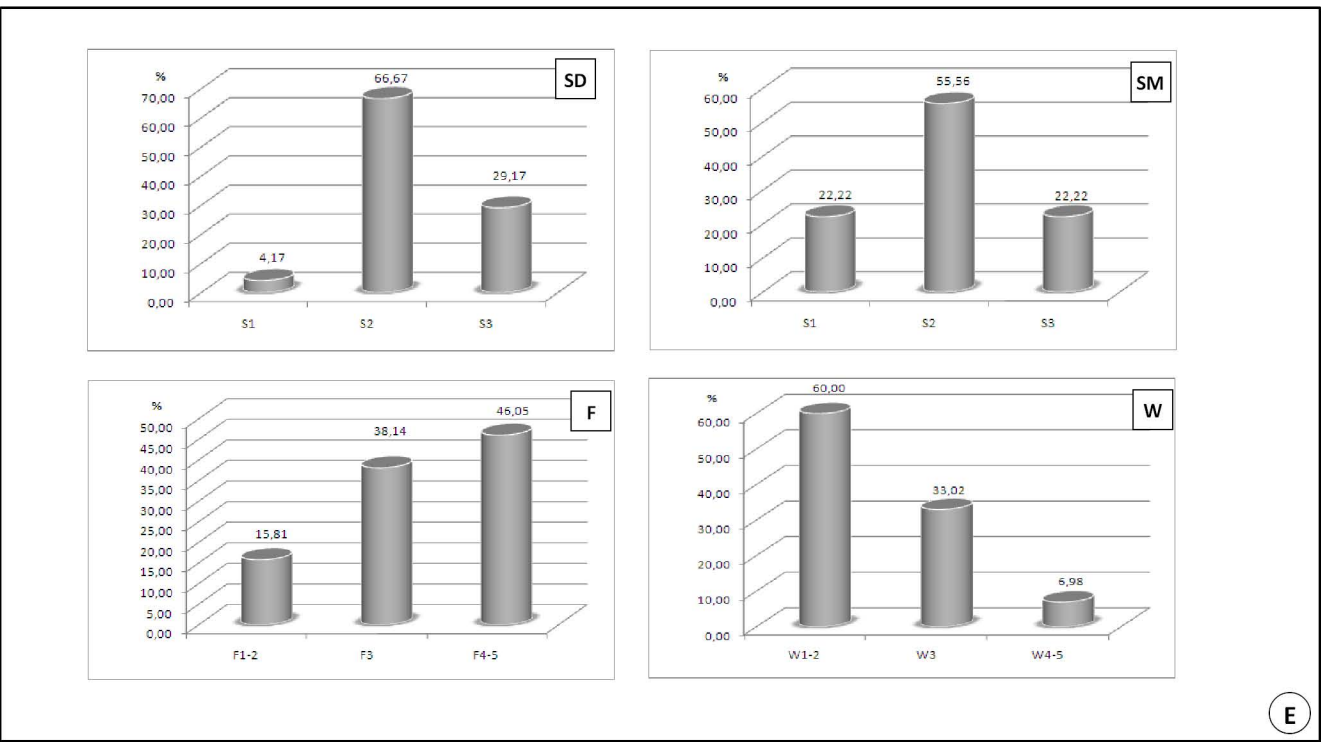
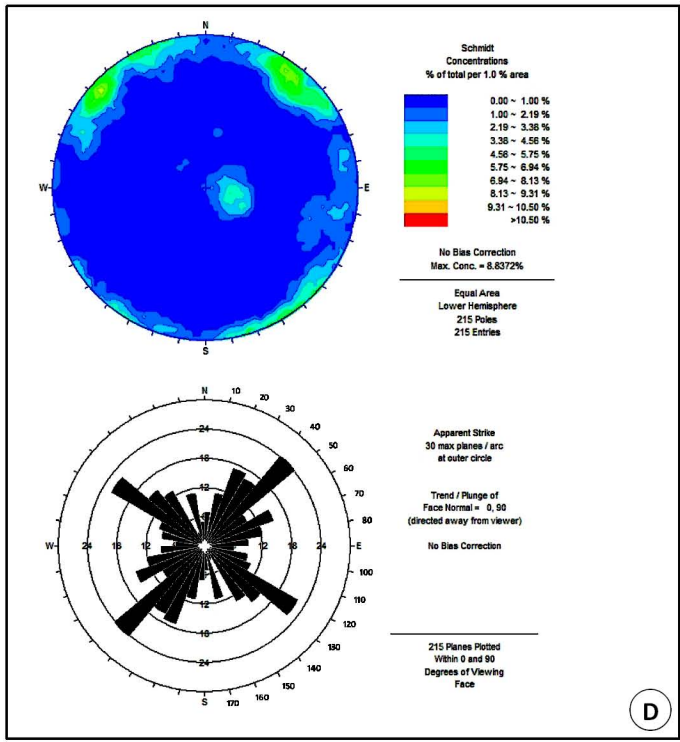
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																		
																																						Direcção		Inclinação		W _{1,2}	W ₃	W _{4,5}	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S
																																						Rocha Sã a Ligeiramente Alterada		Rocha Medianamente Alterada		Rocha Muito a Completamente Alterada		Muito Elevada	Elevada	Média	Baixa	Muito Baixa		
																																						N	(°)	E	(°)	Q								
	(m)	N	(°)	E	(°)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada		↓	↙	←	↘	↑	("Dureza de Schmidt", <i>R</i>)										<i>R</i>						(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	37,0	35,0	34,0	32,0	32,0	53,6	47,7	45,0	40,1	40,1	45,32				X				3												
1	1,00	Granito	N	40	E	56	SE		X					X						32,00	28,00	35,00	25,00	31,00	20,00	34,00	32,00	37,00	21,00	37,0	35,0	34,0	32,0	32,0	53,6	47,7	45,0	40,1	40,1	45,32				X				3		
2	3,90	Granito	N	155	E	83	NE		X				X							28,00	24,00	27,00	30,00	33,00	36,00	39,00	35,00	35,00	39,00	39,0	39,0	36,0	35,0	35,0	70,0	70,0	59,4	56,3	56,3	62,41			X					2		
3	6,40	Granito	N	154	E	62	NE		X					X						37,00	42,00	44,00	34,00	45,00	41,00	46,00	44,00	39,00	44,00	46,0	45,0	44,0	44,0	44,0	90,4	85,3	80,5	80,5	80,5	83,47			X					2		
4	21,10	Granito	N	26	E	73	NW		X				X							46,00	46,00	47,00	52,00	53,00	49,00	50,00	40,00	49,00	53,00	53,0	53,0	52,0	50,0	49,0	150,4	150,4	142,4	127,7	120,9	138,34			X					2		
5	24,00	Granito	N	140	E	8	NE		X			X								54,00	54,00	52,00	53,00	48,00	50,00	51,00	57,00	57,00	56,00	57,0	57,0	56,0	54,0	54,0	204,6	204,6	194,0	174,5	174,5	190,45			X					2		
6	27,30	Granito	N	26	E	80	NW		X				X							42,00	40,00	52,00	43,00	44,00	42,00	34,00	44,00	49,00	32,00	52,0	49,0	44,0	44,0	43,0	142,4	120,9	92,0	92,0	87,1	106,87			X					2		
7	30,10	Granito	N	49	E	42	SE		X		X									42,00	38,00	43,00	46,00	40,00	44,00	48,00	42,00	45,00	43,00	48,0	46,0	45,0	44,0	43,0	127,0	114,2	108,3	102,7	97,4	109,93			X					2		
8	33,10	Granito	N	89	E	80	SE		X				X							38,00	40,00	34,00	38,00	36,00	44,00	39,00	26,00	36,00	42,00	44,0	42,0	40,0	39,0	38,0	92,0	82,5	73,9	70,0	66,3	76,95			X					2		
9	36,30	Granito	N	40	E	89	SE		X				X							48,00	46,00	48,00	53,00	47,00	54,00	52,00	49,00	49,00	46,00	54,0	53,0	52,0	49,0	49,0	158,8	150,4	142,4	120,9	120,9	138,67			X					2		
10	39,15	Granito	N	39	E	74	SE		X				X							54,00	44,00	50,00	48,00	47,00	48,00	46,00	50,00	54,00	54,00	54,0	54,0	54,0	50,0	50,0	158,8	158,8	158,8	127,7	127,7	146,36			X					2		
11	43,25	Granito	N	20	E	75	NW		X				X							57,00	58,00	59,00	60,00	60,00	59,00	56,00	59,00	60,00	59,00	60,0	60,0	60,0	59,0	59,0	220,4	220,4	220,4	208,7	208,7	215,70	X							1		

ESTACÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE						GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
			Direcção			Inclinação			W _{1,2}	W ₃	W _{4,5}		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	(m)	N	(°)	E	(°)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada						("Dureza de Schmidt", <i>R</i>)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						



- A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
SD - Grau de resistência nas descontinuidades;
SM - Grau de resistência no maciço; W - Grau de alteração;
F - Grau de fracturação)



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP			
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Escala: -			
Data: 08/09/2009		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF5	
Desenho nº: I.VI	Folha nº: 1/1		
Versão: Final			

I.VI.I

Afloramento AF5.1

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

[illegible]

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

[illegible]

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE						GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, REBOUND, R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)														
																																								S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅				
			Direcção			Inclinação			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)																		
			N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Levemente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Altera	("Dureza de Schmidt", R)										R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)																				
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Levemente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Altera	("Dureza de Schmidt", R)										R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)																					
	1	22,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X							50,00	56,00	66,00	62,00	71,00	52,00	44,00	71,00	60,00	64,00	71,0	71,0	66,0	64,0	62,0	428,6	428,6	327,8	294,5	264,6	348,79	X					
2	28,00	Granito	N	-	E	-	-	X					X							47,00	60,00	49,00	56,00	54,00	55,00	64,00	58,00	51,00	63,00	64,0	63,0	60,0	58,0	56,0	294,5	279,1	237,7	213,5	191,8	243,31	X							1
3	37,00	Granito	N	-	E	-	-	X					X							48,00	52,00	30,00	58,00	45,00	40,00	60,00	55,00	58,00	59,00	60,0	59,0	58,0	58,0	55,0	237,7	225,3	213,5	213,5	181,8	214,34	X							1
4	42,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X						54,00	48,00	54,00	65,00	62,00	60,00	51,00	62,00	62,00	54,00	65,0	62,0	62,0	60,0	289,6	245,8	245,8	245,8	220,4	249,48	X							1	
5	47,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X						53,00	38,00	55,00	51,00	44,00	53,00	47,00	53,00	57,00	58,00	58,0	57,0	55,0	53,0	53,0	197,6	187,1	167,7	150,4	150,4	170,63		X						2
6	52,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X						36,00	40,00	42,00	41,00	40,00	39,00	37,00	37,00	41,00	42,00	42,0	42,0	41,0	41,0	40,0	82,5	82,5	78,1	78,1	73,9	79,02		X						2
7	57,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X						38,00	46,00	46,00	49,00	49,00	46,00	42,00	47,00	49,00	46,00	49,0	49,0	49,0	47,0	46,0	120,9	120,9	120,9	108,4	102,6	114,72		X						2
8	62,00	Granito	N	-	E	-	-	X						X						29,00	36,00	38,00	41,00	52,00	47,00	38,00	30,00	46,00	52,00	52,0	52,0	47,0	46,0	41,0	154,8	154,8	118,4	112,2	85,8	125,20		X						2

I.VI.II

Afloramento AF5.2

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

[illegible]

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)															
			Direcção			Inclinação		W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S			
								Rocha São a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Altera		("Dureza de Schmidt", <i>R</i>)																					R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)				
	N	(º)	E	(º)	Q																																											
1	5,00	Granito	N	-	E	-	-		X										58,00	48,00	56,00	53,00	33,00	39,00	39,00	39,00	42,00	38,00	58,0	56,0	53,0	48,0	42,0	197,6	177,1	150,4	114,5	82,5	144,41			X					2	
2	10,00	Granito	N	-	E	-	-		X										25,00	30,00	22,00	26,00	16,00	27,00	13,00	19,00	16,00	28,00	30,0	28,0	27,0	26,0	25,0	42,8	38,4	36,4	34,4	32,6	36,93				X					3
3	15,00	Granito	N	-	E	-	-		X										45,00	44,00	44,00	44,00	30,00	43,00	40,00	43,00	33,00	38,00	45,0	44,0	44,0	44,0	43,0	97,2	92,0	92,0	92,0	87,1	92,05			X						2
4	20,00	Granito	N	-	E	-	-		X										39,00	35,00	44,00	47,00	37,00	21,00	24,00	38,00	40,00	20,00	47,0	44,0	40,0	39,0	38,0	108,4	92,0	73,9	70,0	66,3	82,13			X						2

I.VI.III

Afloramento AF5.3

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

[illegible]

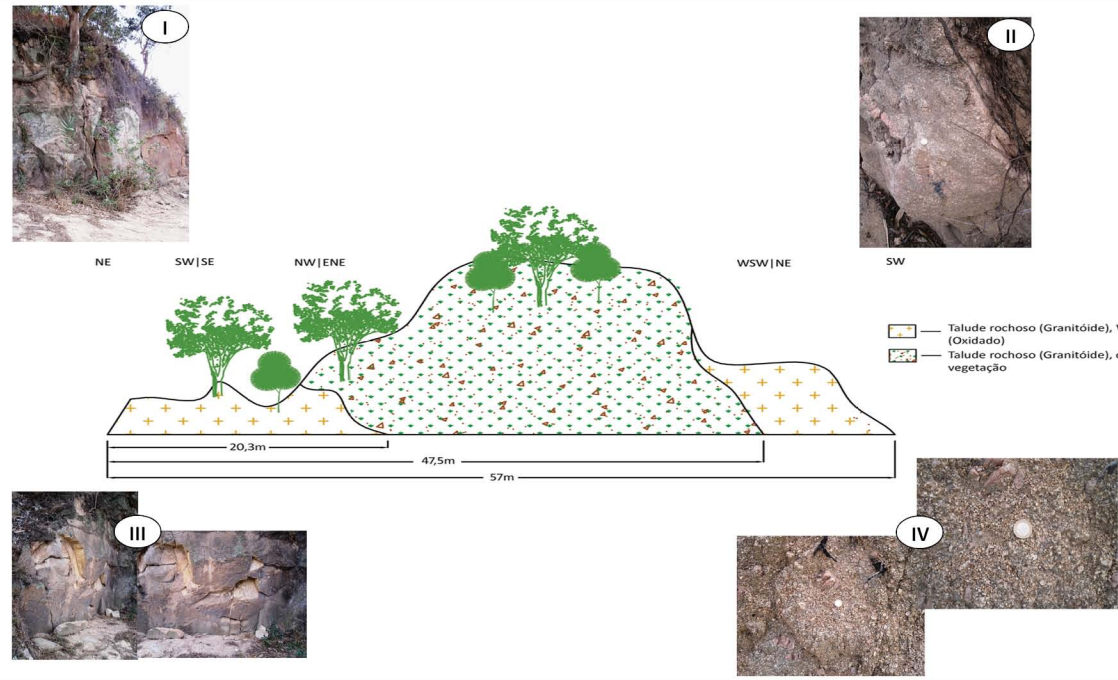
ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE						GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
																																								S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	Direcção			Inclinação			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	86,71	>200												60-200	20-60	6-20	<6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	N		(°)	E	(°)	Q	Rocha São Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Altera	("Dureza de Schmidt", R)										R														(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	(m)		N	(°)	E	(°)	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										



B

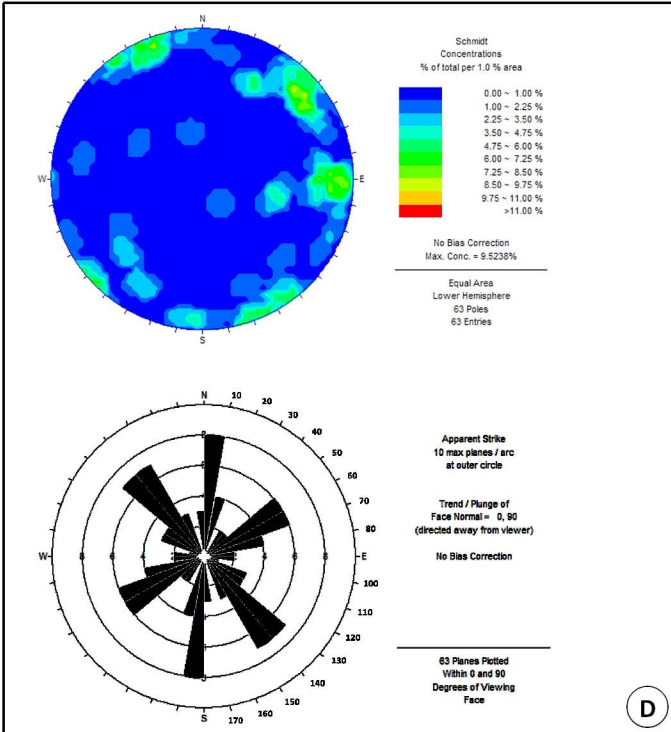


A

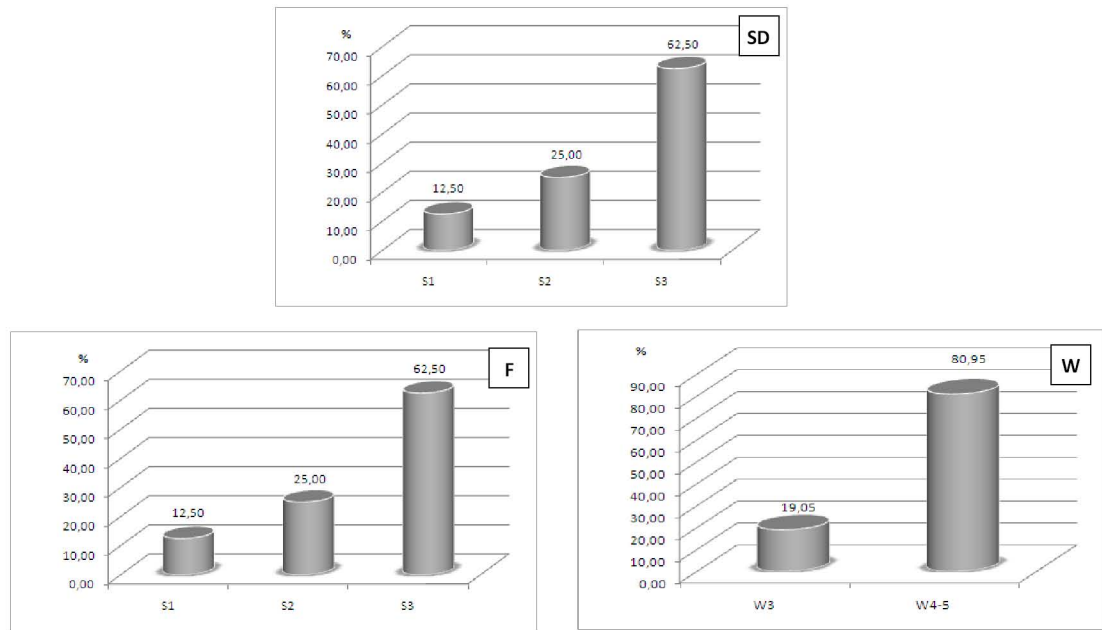


C


- A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
(SD - Grau de resistência nas discontinuidades;
W - Grau de alteração; F - Grau de fracturação)



D



E

 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP			
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	
Escala: -		Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Data: 08/09/2009			
Desenho nº: I.VII		Folha nº: 1/1	
Versão: Final		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF6	

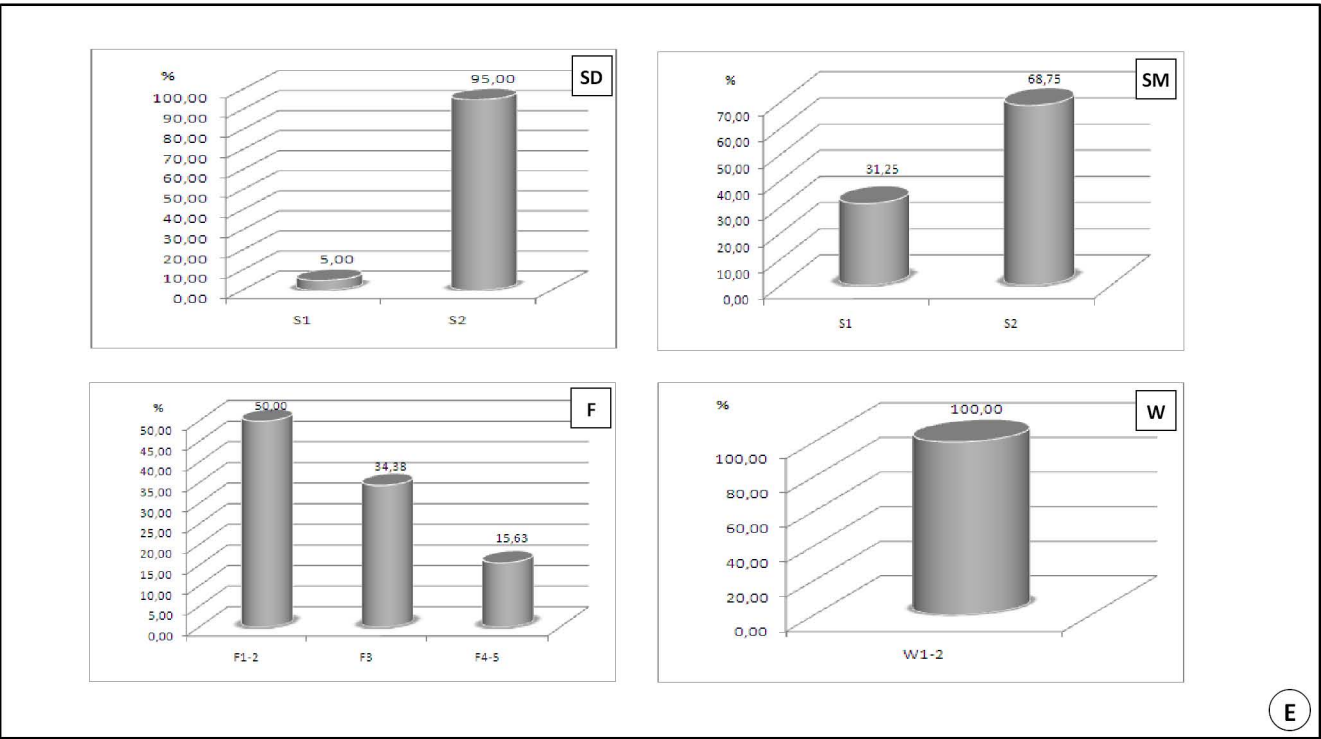
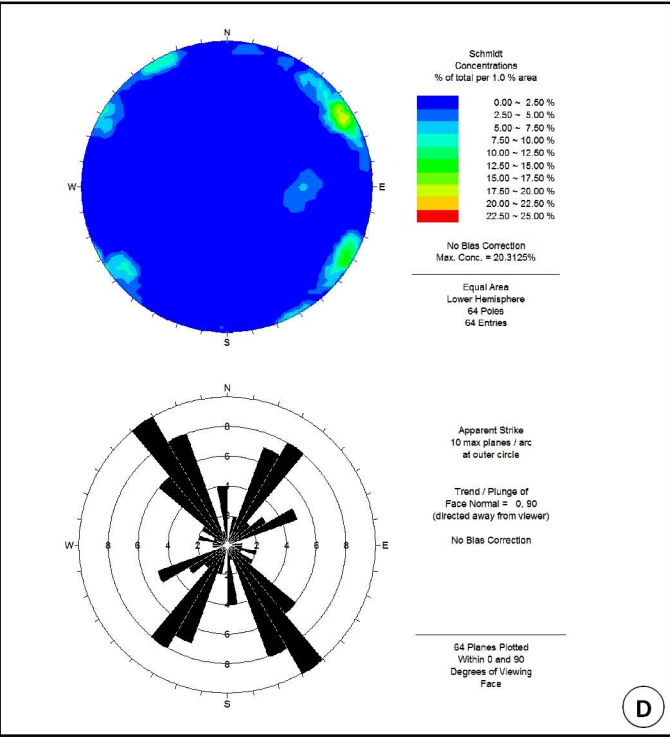
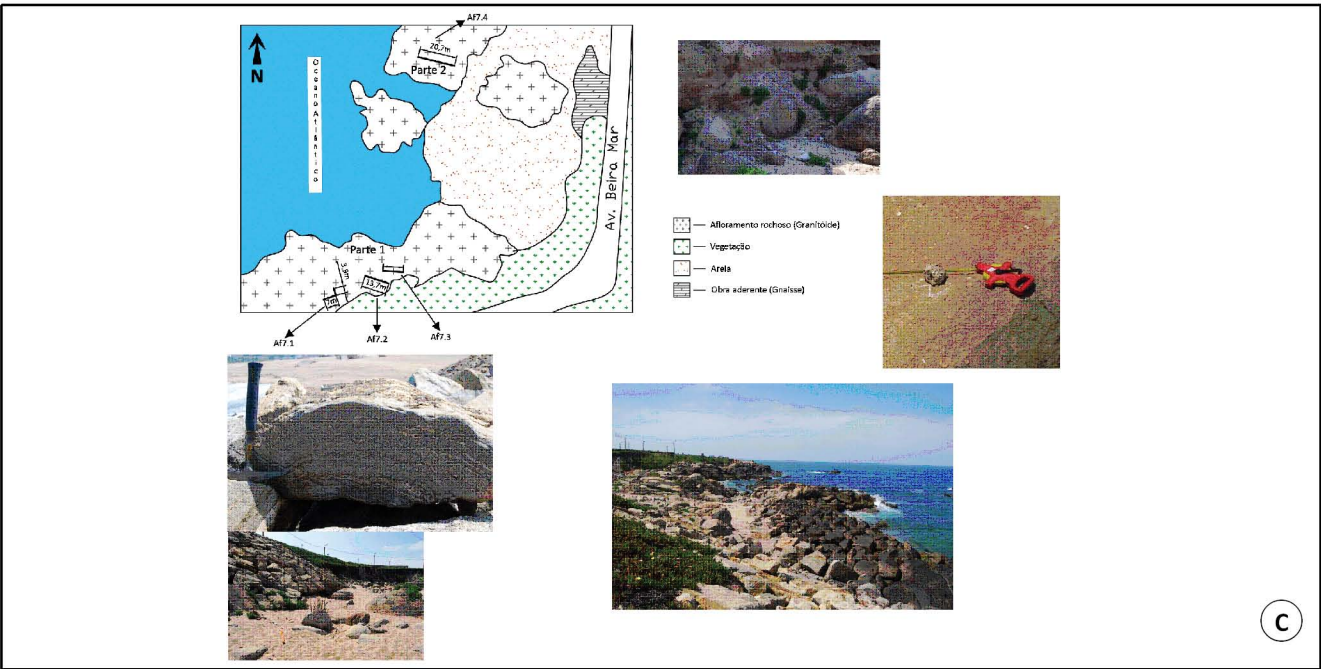
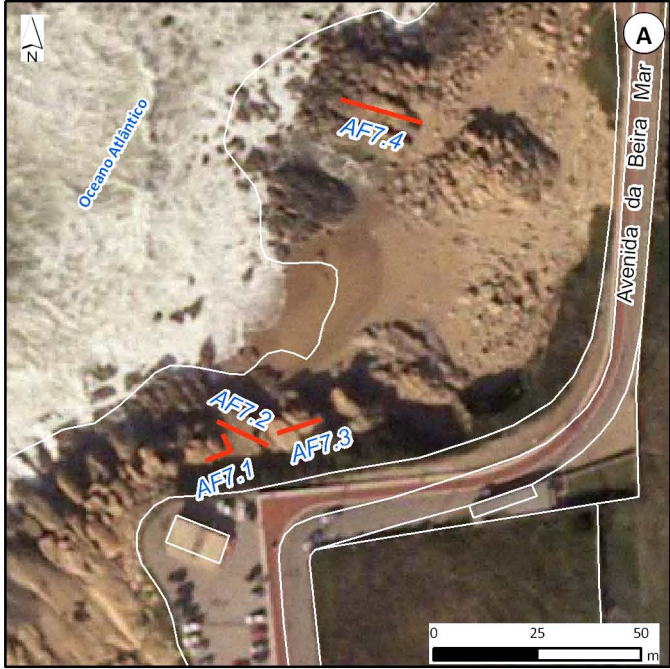
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTACÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
			Direcção			Inclinação			W ₁₋₂		W ₃	W ₄₋₅	1	2	3	4	5	6	7	8												9	10	R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
									Rocha Sã a Ligeiramente Alterada		Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada	("Dureza de Schmidt", R)																			R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							








- A - Localização do talude
B - Panorâmica do talude
C - Esquema interpretativo do talude (s/ escala)
D - Diagramas geológico-estruturais
E - Histogramas dos parâmetros geológico-geotécnicos:
(SD - Grau de resistência nas descontinuidades;
SM - Grau de resistência no maciço; W - Grau de alteração;
F - Grau de fracturação)






<div><div><div>isep</div><div>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PORTO GALEGO</div></div><div>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP</div></div>			
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	
Escala: -		Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Data: 08/09/2009			
Desenho nº: I.VIII		Folha nº: 1/1	
Versão: Final		Síntese esquemática dos afloramentos estudados: afloramento AF7	

I.VIII.I

Afloramento AF7.1

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE		GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
					W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅																													S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			Direcção		Inclinação				Rocha São a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Altera	1	2	3	4	5	6	7												8	9	10	153,87	>200	60-200	20-60	6-20	<6	S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	N		(º)	E	(º)	Q	("Dureza de Schmidt", R)										R	(Mpa)												(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1,10	Granito	N	60	E	84	SE	X				X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
			Direcção			Inclinação		W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada	("Dureza de Schmidt", R)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</

I.VIII.II

Afloramento AF7.2

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, REBOUND, R)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, R (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)										
																																							Direcção		Inclinação		
			N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada		>200	60-200	20-60	6-20	<6																											
			(m)	N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada		Rocha Muito a Completamente Alterada	("Dureza de Schmidt", R)										R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)									
	1	0,00	Granito	N	144	E	83	SW	X					X				59,00	54,00	60,00	53,00	39,00	56,00	34,00	54,00	31,00	57,00	60,0	59,0	57,0	56,0		54,0	220,4	208,7	187,1	177,1	158,8	190,42		X		
2	2,70	Granito	N	102	E	42	NE	X				X				50,00	36,00	44,00	54,00	54,00	50,00	62,00	54,00	56,00	54,00	62,0	56,0	54,0	54,0	54,0	245,8	177,1	158,8	158,8	158,8	179,88		X					2
3	6,10	Granito	N	176	E	40	SW	X				X				34,00	35,00	36,00	27,00	46,00	27,00	42,00	43,00	40,00	46,00	46,0	46,0	43,0	42,0	40,0	102,6	102,6	87,1	82,5	73,9	89,75		X					2
4	8,70	Granito	N	146	E	82	SW	X			X					35,00	37,00	32,00	36,00	37,00	51,00	57,00	60,00	41,00	58,00	60,0	58,0	57,0	51,0	41,0	239,9	215,7	204,6	148,9	87,6	179,33		X					2
5	12,00	Granito	N	59	E	89	SE	X				X				42,00	32,00	21,00	20,00	26,00	39,00	46,00	43,00	44,00	39,00	46,0	44,0	43,0	42,0	39,0	102,6	92,0	87,1	82,5	70,0	86,84		X					2

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
																																							Direcção			Inclinação		W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R	(Mpa)					(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			N	(º)	E	(º)	Q	Rocha Sã a Ligeiramente Alterada	Rocha Medianamente Alterada	Rocha Muito a Completamente Alterada		("Dureza de Schmidt", <i>R</i>)										R					(Mpa)						(MPa)	(MPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
			(m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

I.VIII.III

Afloramento AF7.3

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

[illegible]

[illegible]

I.VIII.IV

Afloramento AF7.4

Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

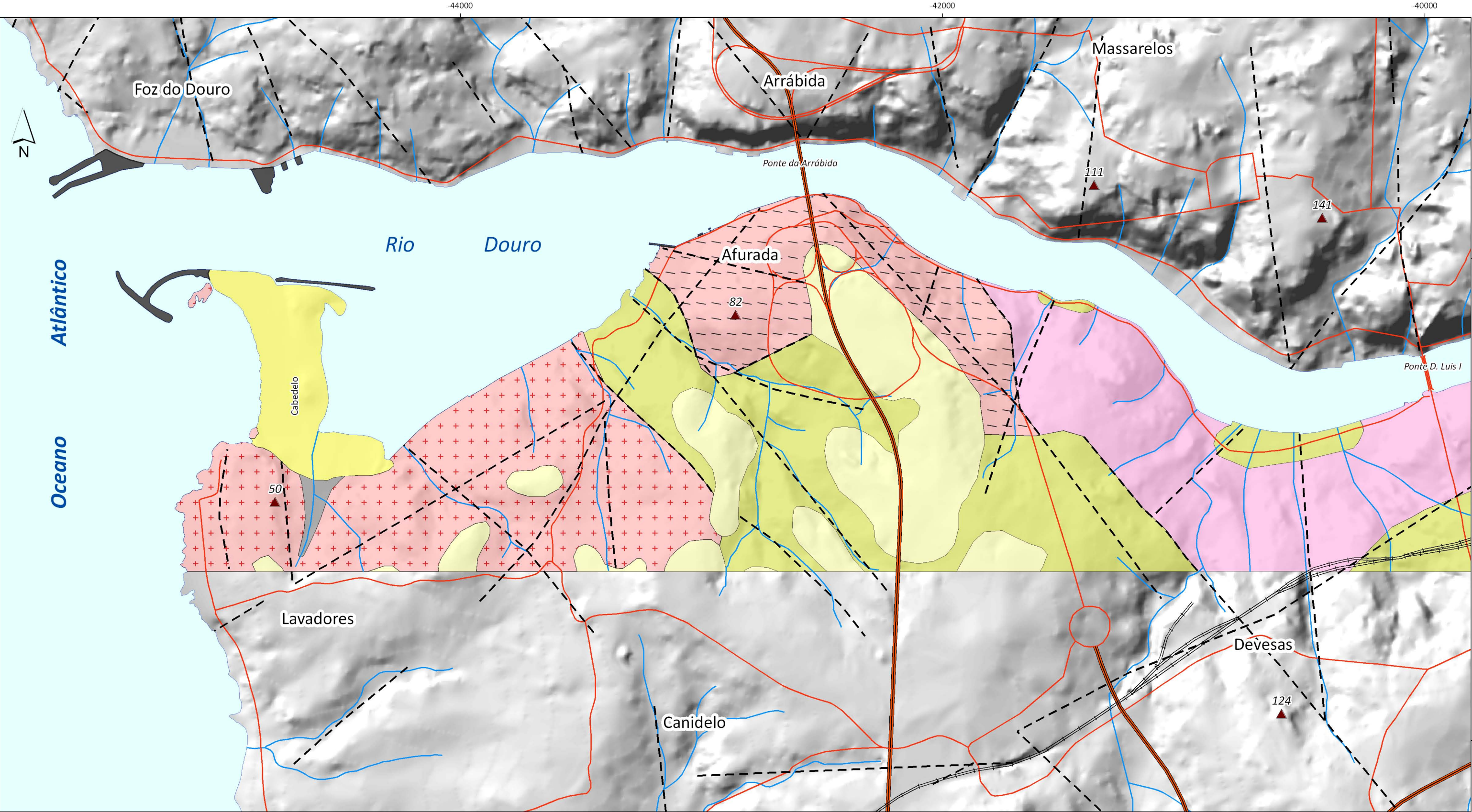
Parâmetros geológico-geotécnicos e geomecânicos segundo a ISRM (1978, 1981, 2007), GSE (1995)

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE				GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)										RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS										MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																																																Direcção		Inclinação		W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			Rocha Sã a Ligeiramente Alterada		Rocha Medianamente Alterada		Rocha Muito a Completamente Alterada		Muito Elevada		Elevada	Média	Baixa	Muito Baixa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	(m)		N	(°)	E	(°)	Q	>200	60-200		20-60	6-20	<6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

ESTAÇÃO GEOMECÂNICA NÚMERO	DISTÂNCIA À ORIGEM	LITOLOGIA	ATITUDE					GRAU DE ALTERAÇÃO (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995)			ORIENTAÇÃO DO MARTELO SCHMIDT (TIPO L)	VALOR DO ENSAIO DE PERCUSSÃO (RESSALTO, <i>REBOUND</i> , <i>R</i>)										CINCO MAIORES VALORES DO RESSALTO, <i>R</i> (segundo a norma proposta pela ISRM, 1978, 1981, 1987, 2007; ASTM, 2001)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS					MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL, UCS	CLASSE DE RESISTÊNCIA (ISRM, 1981)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	(m)	N	(º)	E	(º)	Q	Direcção			Inclinação			W ₁₋₂	W ₃	W ₄₋₅	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R					(Mpa)					(MPa)	(MPa)					S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	0,00	Granito	N	-	E	-	-	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

ANEXO II

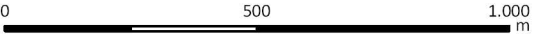
ESBOÇO GEOLÓGICO DA ZONA RIBEIRINHA DE V.N. GAIA
(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base geológica: Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et. al. (1989), COBA (1994), Chaminé (2000); levantamentos inéditos da área de V. N. Gaia (Chaminé et al.)

Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC



Depósitos de Cobertura

- Areias de Praia
- Aluviões actuais, areias de duna
- Depósitos de cobertura plio-quaternários


Rochas metassedimentares

- Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauwaques e xistos

Rochas graníticas

- Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)
- Granito de grão médio a grosseiro, de duas micas (G. do Porto)
- Granito de grão médio a fino, de duas micas, com foliação tectónica (G. da Arrábida e da Afurada)
- Lineamentos tectónicos foto-interpretados
- Obras de protecção costeira

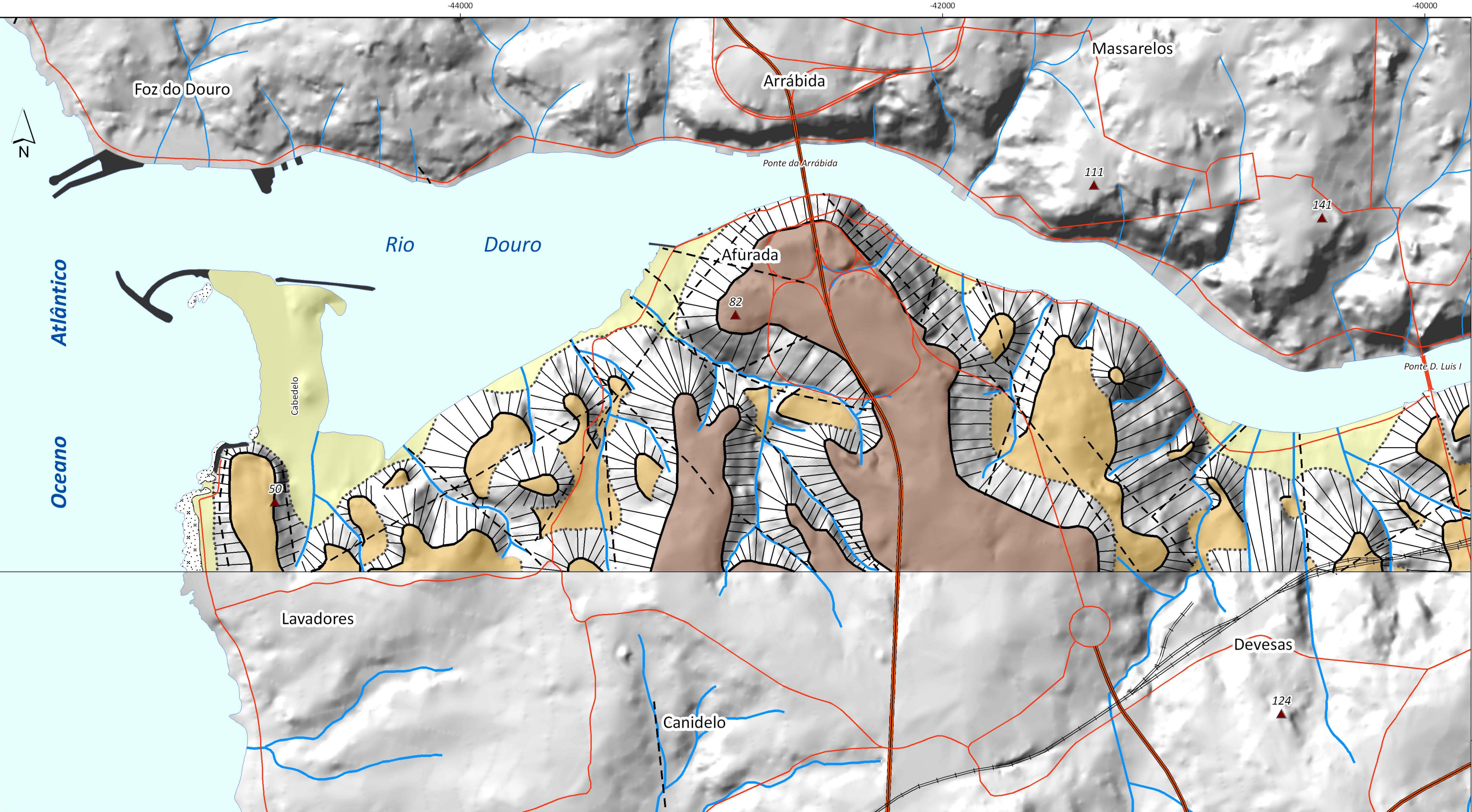
- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos

<div><div>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PORTO</div></div> <div>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP</div>					
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC		<div>Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar</div>	
Escala: 1/15.000		Data: 08/09/2009			
Desenho nº: II		Folha nº: 1/1		<div>Esboço geológico da zona ribeirinha de V.N. Gaia</div>	
Versão: Final					

ANEXO III

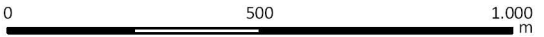
ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO DA ZONA RIBEIRINHA DE V.N. GAIA

(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC



Geomorfologia

- Topo
- Base
- Vertente
- - Lineamentos tectónicos foto-interpretados


Áreas aplanadas

- < 25 m
- 25-75 m
- > 75 m

Outras estruturas

- Obras de protecção costeira
- Costa rochosa

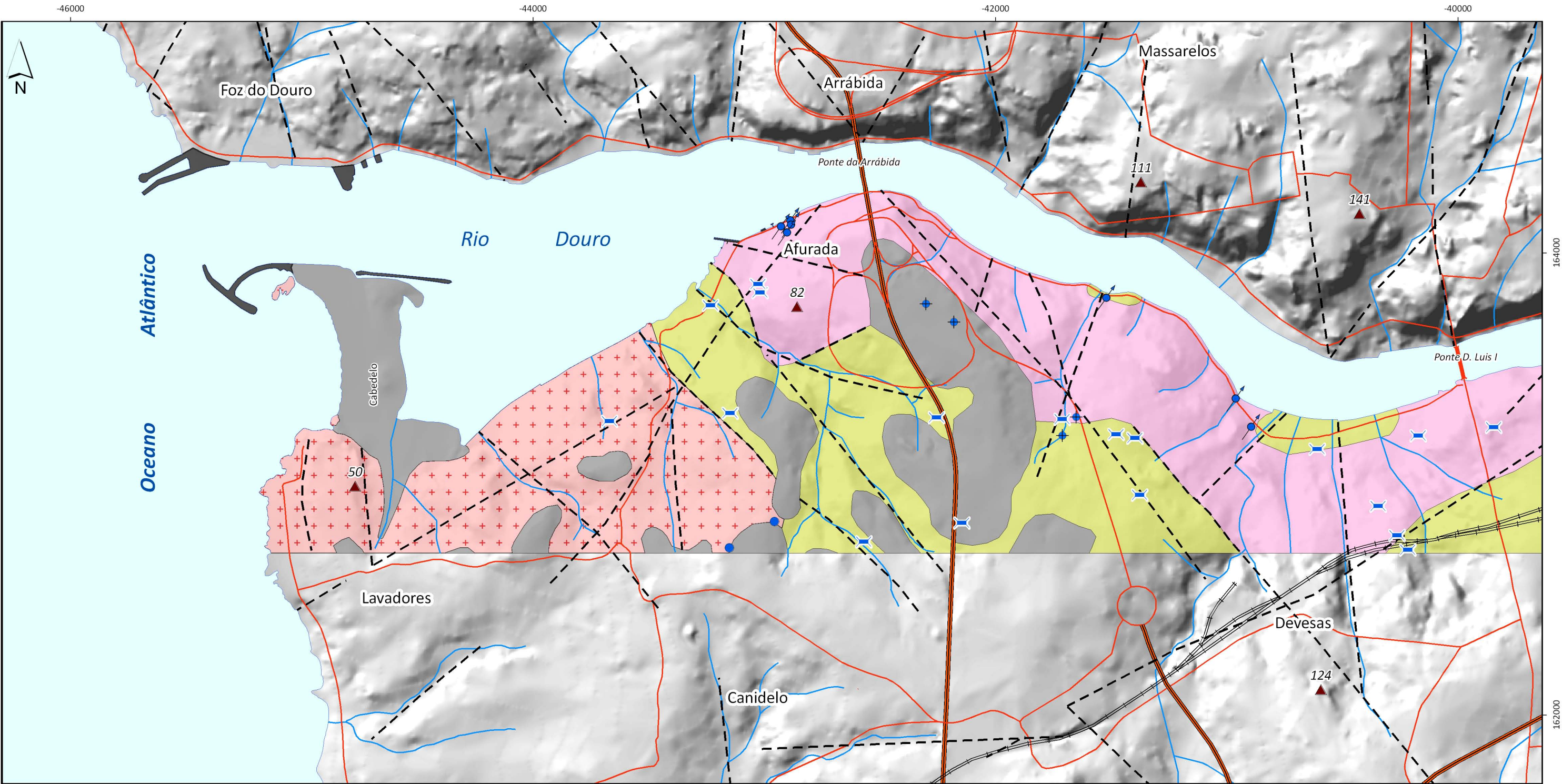
- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- ▲ Vértices Geodésicos

<div> DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP</div>			
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	
Escala: 1/15.000		Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Data: 08/09/2009			
Desenho nº: III			
Versão: Final		Esboço geomorfológico da zona ribeirinha de V.N. Gaia	

ANEXO IV

ESBOÇO HIDROGEOLÓGICO E DRENAGEM DE SUPERFÍCIE DA ZONA
RIBEIRINHA DE V.N. GAIA

(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base geológica: Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et. al. (1989), COBA (1994), Chaminé (2000); levantamentos inéditos da área de V. N. Gaia (Chaminé et al.)

Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC



Depósitos de Cobertura

Aluviões actuais, areias de praia e de duna, depósitos plio-quaternários

Rochas metassedimentares

Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauvaques e xistos

Rochas graníticas

Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)

Granito de duas micas, por vezes com foliação tectónica (G. do Porto, da Arrábida e da Afurada)

Lineamentos tectónicos foto-interpretados

- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos
- Obras de protecção costeira
- Nascente
- Furo
- Poço
- Tanque / Chafariz

Unidades Hidrogeológicas			TIPOLOGIA DOS AQUÍFEROS							
			Ligação à rede hidrográfica		Tipo de escoamento		Horizonte de alteração			
			tem	pode ter	meio poroso	meio fissurado	espessura baixa	espessura alta	argiloso	arenoso
Rochas sedimentares	Aluviões actuais, areias de praia e de duna, depósitos plio-quaternários		X	-	X		X	-	X	X
Rochas metassedimentares	Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauvaques e xistos		-	X		X	X	X	X	-
Rochas graníticas	Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)		-	X	X	X	-	X	X	X
	Granito de duas micas, por vezes com foliação tectónica (G. do Porto, da Arrábida e da Afurada)		-	X		X	-	X	X	X

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP

Autor: Rui Silva

Rev.: HIC

Escala: 1/15.000

Data: 08/09/2009

Desenho nº: IV

Folha nº: 1/1

Versão: Final

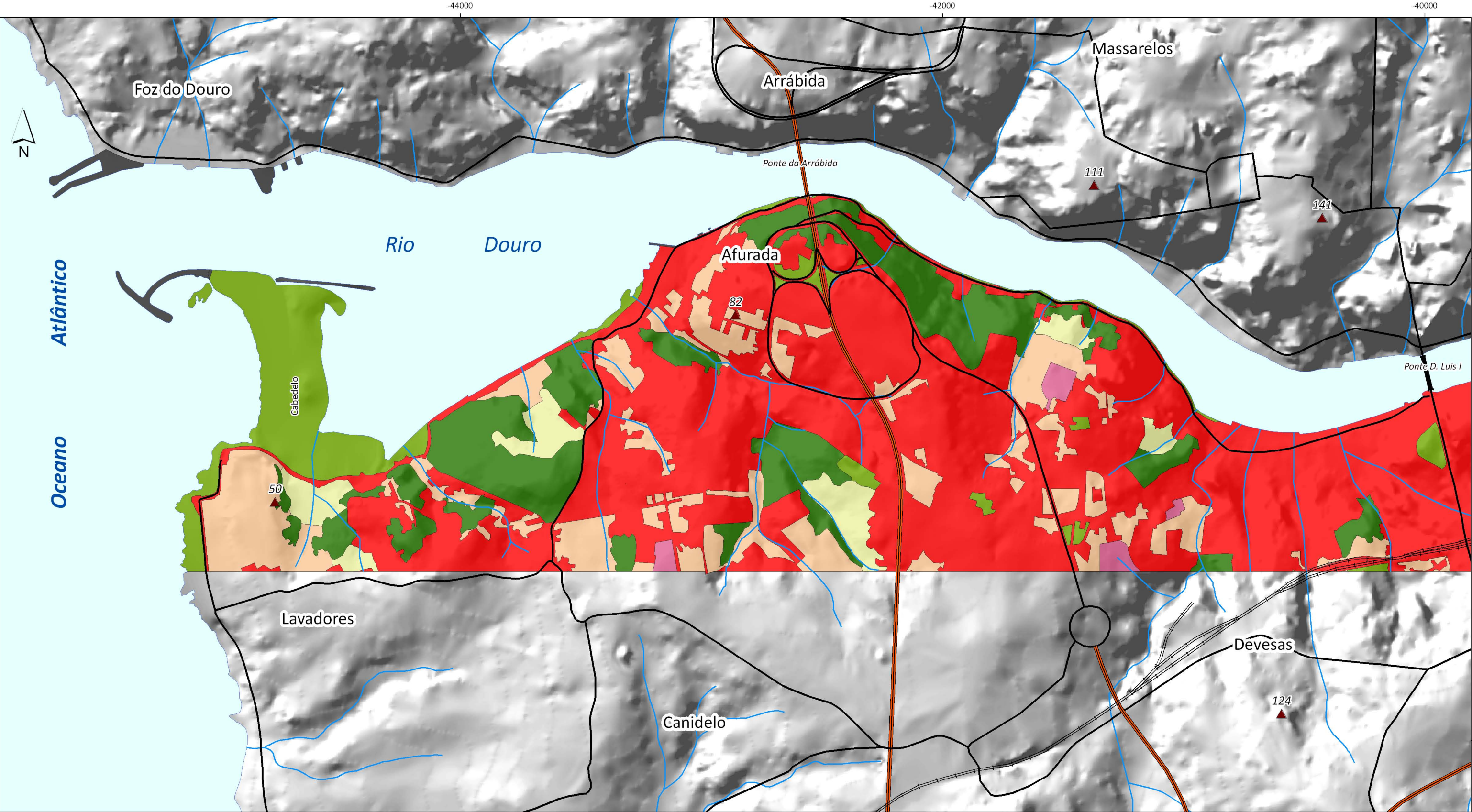
Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia
(Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo):
uma avaliação preliminar

Esboço hidrogeológico e drenagem de superfície
da zona ribeirinha de V.N. Gaia

ANEXO V

ESBOÇO DA OCUPAÇÃO DO SOLO DA ZONA RIBEIRINHA DE V.N. GAIA

(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC

0 500 1.000 m

Ocupação de superfície

- Obras de proteção costeira
- Áreas edificadas: urbano
- Áreas edificadas: industrial
- Não edificado: jardins e outros espaços naturais
- Não edificado: expectante
- Não edificado: agrícola
- Não edificado: floresta

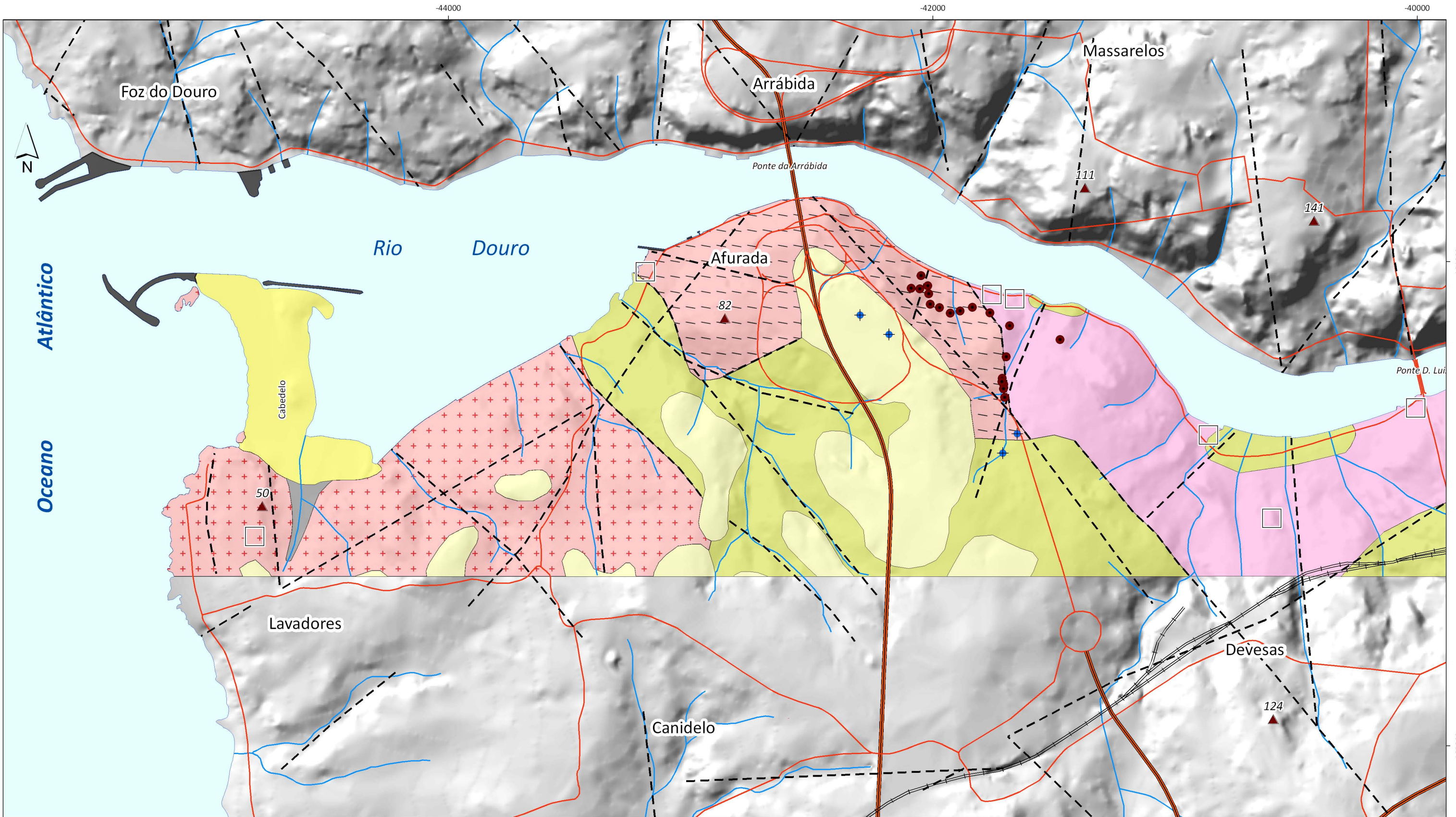
- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos

isep DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		
Autor: Rui Silva	Rev.: HIC	Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar
Escala: 1/15.000		
Data: 08/09/2009		
Desenho nº: V	Folha nº: 1/1	Esboço da ocupação do solo da zona ribeirinha de V.N. Gaia
Versão: Final		

ANEXO VI

LOCALIZAÇÃO DOS TRABALHOS DE PROSPECÇÃO MECÂNICA: PONTO DE
SITUAÇÃO PRELIMINAR

(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base geológica: Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et. al. (1989), COBA (1994), Chaminé (2000); levantamentos inéditos da área de V. N. Gaia (Chaminé et al.)

Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC

0 500 1.000 m

Depósitos de Cobertura

- Areias de Praia
- Aluviões actuais, areias de duna
- Depósitos de cobertura plio-quaternários

Rochas metassedimentares

- Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauwaques e xistos

Rochas graníticas

- Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)
- Granito de grão médio a grosseiro, de duas micas (G. do Porto)
- Granito de grão médio a fino, de duas micas, com foliação tectónica (G. da Arrábida e da Afurada)
- Lineamentos tectónicos foto-interpretados
- Obras de protecção costeira

- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos

Trabalhos de prospecção

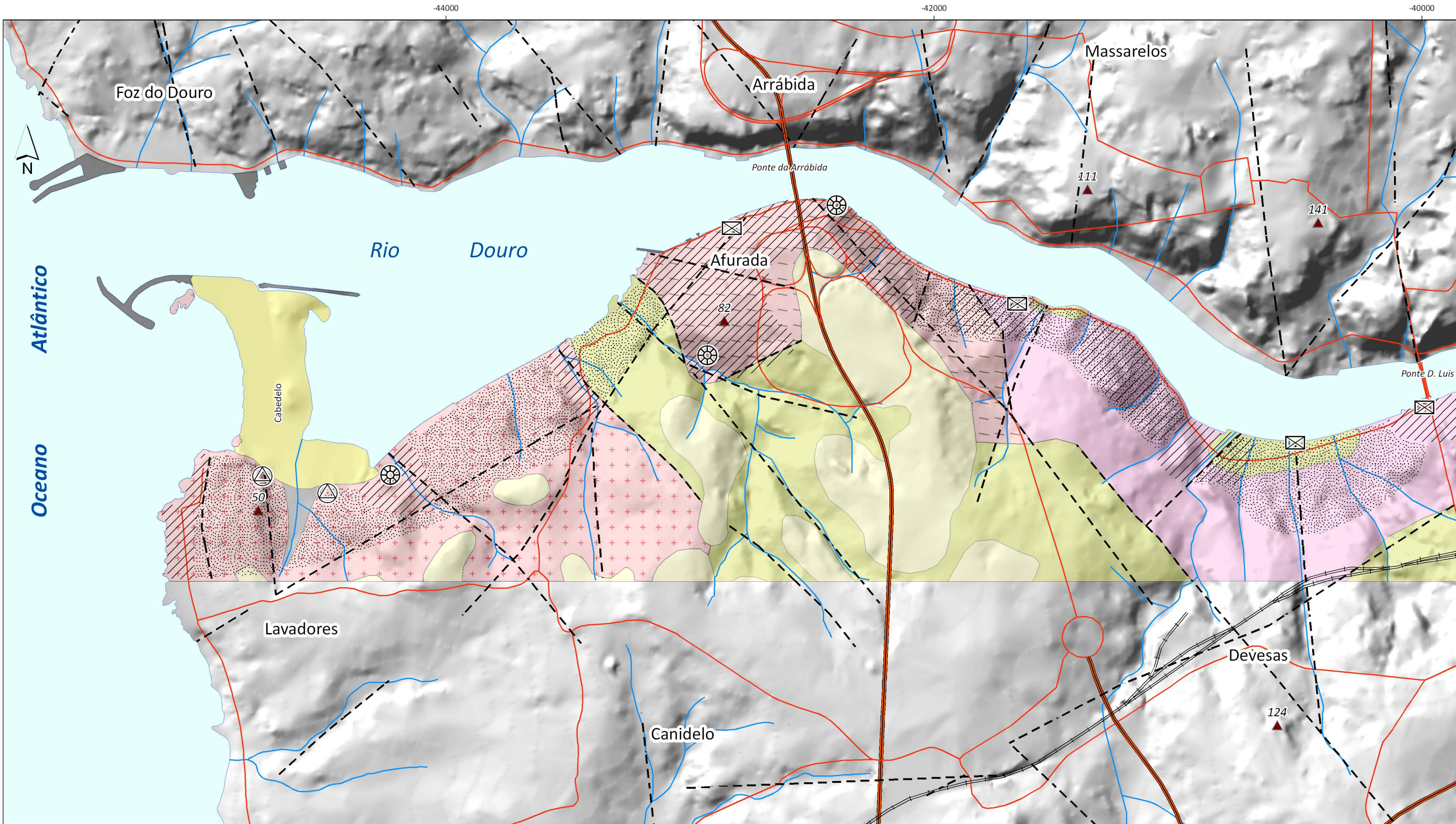
- Furo de captação de água
- Sondagem geotécnica
- Outros estudos de prospecção geotécnica (a aguardar cedência de dados)

 <small>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PORTUGAL</small>		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	
Escala: 1/15.000		Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Data: 10/09/2009			
Desenho nº: VI			
Versão: Final		Localização dos trabalhos de prospecção mecânica: ponto de situação preliminar	

ANEXO VII

ESBOÇO PRELIMINAR DA SUSCEPTIBILIDADE GEOTÉCNICA DA ZONA
RIBEIRINHA DE V.N. GAIA

(Cais de Gaia, Sta. Marinha – Lavadores, Canidelo)



Base geológica: Carrington da Costa & Teixeira (1957), Pereira et. al. (1989), COBA (1994), Chaminé (2000); levantamentos inéditos da área de V. N. Gaia (Chaminé et al.)

Base topográfica e planimétrica: Câmara Municipal de V. N. Gaia, 2003

Sistema de coordenadas: Lisboa Hayford-Gauss IPCC



Depósitos de Cobertura

- Areias de Praia
- Aluviões actuais, areias de duna
- Depósitos de cobertura plio-quaternários

Rochas metassedimentares

- Micaxistos granatíferos, por vezes com distena; metagrauwaques e xistos

Rochas graníticas

- Granito porfiróide, de grão grosseiro, em geral biotítico (G. de Lavadores)
- Granito de grão médio a grosseiro, de duas micas (G. do Porto)
- Granito de grão médio a fino, de duas micas, com foliação tectónica (G. da Arrábida e da Afurada)
- Lineamentos tectónicos foto-interpretados
- Obras de protecção costeira

- Rede hidrográfica
- Auto-Estrada
- Estrada / Rua
- Caminho de Ferro
- Vértices Geodésicos

Diferenciação geológico-geotécnica:

- Maciço terroso (W4-5)
- Maciço rochoso (W3 a W1-2)

Áreas de instabilidade de vertentes:


- Escorregamentos
- Queda de blocos
- Talude estabilizado

<div><div>isep</div><div>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PORTUGAL (ISEP)</div></div>		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Rui Silva		Rev.: HIC	
Escala: 1/15.000		Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar	
Data: 10/09/2009			
Desenho nº: VII		Folha nº: 1/1	
Versão: Final		Esboço preliminar da susceptibilidade geotécnica da zona ribeirinha de V. N. Gaia	


ANEXO VIII

FICHAS DE INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO E FUROS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA


Ficha de inventário hidrogeológico da fonte do Rei Ramiro.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	1	Designação:	Fonte do Rei Ramiro	Tipo:	Fonte
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica 1/25000	Coordenadas (Km):	-	
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	-	Outro:	X	Caves Porto Ferreira	
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes		-	
Nascente permanente	X	Nascente temporária		-	
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	3/4"	Solo		-	
Zona alagada	-	Rocha		X	
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta		-	
Vale	X	Observações:		-	
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:			Granito		
Armadilha hidrogeológica suposta:			Falha		
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	11:18h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	-	Animais		-	
Algas	-	Incrustações		-	
Caudal:	0,156 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	19,8	Temperatura do ar (°C):	24	pH:	5,3
Condutividade eléctrica (µs/cm):	511	Humidade relativa (%):		-	
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	-	Uso industrial		-	
Uso agrícola	-	Observações		-	
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente		-	
Data	-	Observações		-	
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		


Ficha de inventário hidrogeológico da Fonte do Burro.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	2	Designação:	Fonte do burro	Tipo:	Fonte
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica 1/25000	Coordenadas (Km):	-	
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	X	Outro:	-		
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes	-		
Nascente permanente	-	Nascente temporária	-		
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	3/4"	Solo	-		
Zona alagada	-	Rocha	X		
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta	-		
Vale	X	Observações:	-		
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:	Granito				
Armadilha hidrogeológica suposta:	Falha				
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	11:18h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	X	Animais	-		
Algas	X	Incrustações	-		
Caudal:	0,059 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	20,9	Temperatura do ar (°C):	29	pH:	7,04
Condutividade eléctrica (µs/cm):	435	Humidade relativa (%):			
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	-	Uso industrial	-		
Uso agrícola	-	Observações	-		
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente	-		
Data	-	Observações	-		
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		


Ficha de inventário hidrogeológico da Mina da Quinta do Mocho.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	3	Designação:	Nascente da Quinta do Mocho	Tipo:	Mina de água
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica 1/25000	Coordenadas (Km):	-	
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	X	Outro:	-		
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes	-		
Nascente permanente	X	Nascente temporária	-		
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	garrafa de água (2")	Solo	-		
Zona alagada	-	Rocha	X		
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta	-		
Vale	X	Observações:	Mina de água		
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:	Granito/Metassedimentos				
Armadilha hidrogeológica suposta:	Falha				
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	12:00h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	X	Animais	-		
Algas	X	Incrustações	-		
Caudal:	0,128 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	16	Temperatura do ar (°C):	29	pH:	5,82
Condutividade eléctrica (µs/cm):	429	Humidade relativa (%):	-		
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	-	Animais	-		
Uso agrícola	-	Uso industrial	-		
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente	-		
Data	-	Observações	-		
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		


Ficha de inventário hidrogeológico da fonte da Creche.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	4	Designação:	Fonte da Creche	Tipo:	Fonte
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica 1/25000	Coordenadas (Km):	-	
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	X	Outro:	-		
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes	-		
Nascente permanente	X	Nascente temporária	-		
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	1"	Solo	-		
Zona alagada	-	Rocha	X		
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta	-		
Vale	X	Observações:	-		
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:	Granito				
Armadilha hidrogeológica suposta:	Falha				
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	16:50h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	-	Animais	-		
Algas	-	Incrustações	-		
Caudal:	0,059 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	19,1	Temperatura do ar (°C):	27	pH:	6,44
Condutividade eléctrica (µs/cm):	568	Humidade relativa (%):	-		
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	X	Uso industrial	-		
Uso agrícola	-	Observações	-		
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente	-		
Data	-	Observações	-		
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		

Ficha de inventário hidrogeológico da fonte do Preto.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	5	Designação:	Fonte do Preto (centenária)	Tipo:	Fonte
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica 1/25000	Coordenadas (Km):	-	
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	X	Outro:	-		
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes	-		
Nascente permanente	X	Nascente temporária	-		
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	1"	Solo	-		
Zona alagada	-	Rocha	X		
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta	-		
Vale	X	Observações:	-		
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:	Granito				
Armadilha hidrogeológica suposta:	Falha				
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	17:00h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	-	Animais	-		
Algas	-	Incrustações	-		
Caudal:	0,018 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	19,4	Temperatura do ar (°C):	28	pH:	4,72
Condutividade eléctrica (µs/cm):	424	Humidade relativa (%):	-		
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	X	Animais	-		
Uso agrícola	-	Uso industrial	-		
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente	-		
Data	-	Observações	-		
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		

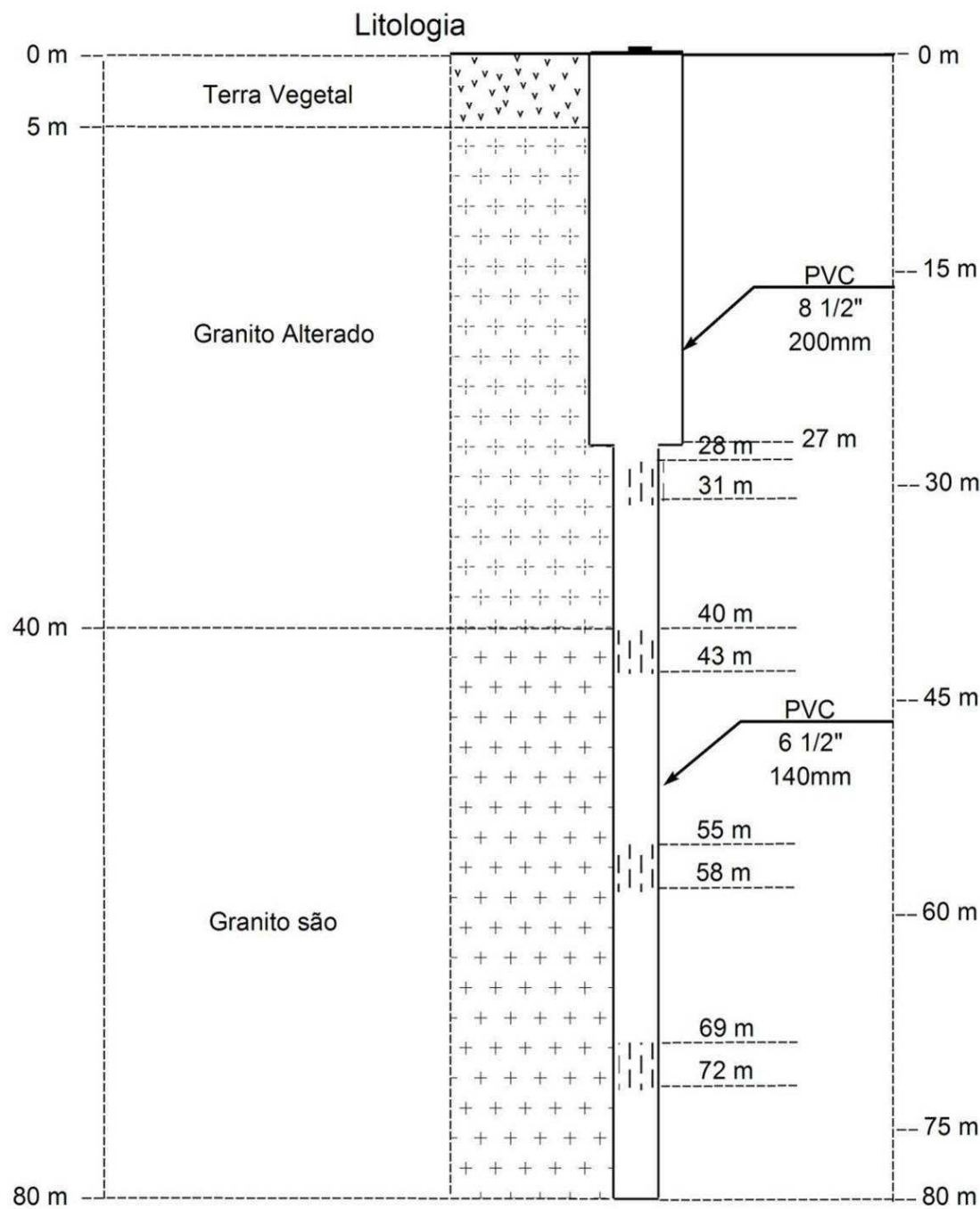
Ficha de inventário hidrogeológico da fonte do Cavalo.

LABCARGA		LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA (LABCARGA), ISEP			
Ficha de inventário hidrogeológico					
Nº de Inventário:	6	Designação:	Fonte do Cavalo	Tipo:	Fonte
					
Planta de Localização			Fotografia		
Folha nº	122	da carta topográfica	1/25000	Coordenadas (Km):	-
Água normal:	X	Água mineral:	-	Reconhecida oficialmente:	-
Cota (m):	-				
Condições de acesso:	Boas condições, estrada.				
Proprietário:					
Câmara Municipal	X	Outro:	-		
Descrição Sucinta:					
Uma única descarga	X	Um grupo de nascentes	-		
Nascente permanente	X	Nascente temporária	-		
A água emerge através de:					
Tubo de diâmetro	1"	Solo	-		
Zona alagada	-	Rocha	X		
Geomorfologia					
Planalto	-	Encosta	-		
Vale	X	Observações:	-		
Enquadramento geológico e hidrogeológico					
Carta geológica:	9-C (Porto)	Escala:	1/50.000		
Carta hidrogeológica:	1 (Minho)	Escala:	1/200.000		
Unidade hidrogeológica local ou regional:	Granito				
Armadilha hidrogeológica suposta:	Falha				
Qualidade da água e caudal					
Data:	15-07-2009	Hora:	17:05h		
Cheiro:	não tem	Cor:	incolor	Turbidez:	limpa
Outras observações:					
Plantas	-	Animais	-		
Algas	-	Incrustações	-		
Caudal:	0,029 l/seg	Medido com:	garrafa de água de 0,50 l		
Temperatura da água (°C):	19,2	Temperatura do ar (°C):	27	pH:	5,55
Condutividade eléctrica (µs/cm):	463	Humidade relativa (%):	-		
Amostra para análise laboratorial nº	-				
Utilização					
Consumo humano	X	Uso industrial	-		
Uso agrícola	-	Observações	-		
Estruturas de desenvolvimento					
Construção antiga	X	Construção recente	-		
Data	-	Observações	-		
Preenchido por:	Rui Manuel Santos Silva	Verificado por:	HIC		
Data:	15-07-2009	Data:	29-09-2009		

Relatório de furo de captação de água, VL8 – Lado nascente.

Relatório									
Obra:	Captação de água								
Para:	Empresa Electromecânica, SA								
FURO Nº1									
Local:	Candal - Lado Nascente V8				Licença prévia de pesquisa nº		433/99		
Freguesia:	Candal				Coordenadas:		M=	158,35	P= 463,29
Concelho:	Vila Nova de Gaia				Carta Militar:		Escala:	1/25000	nº 122
Distrito:	Porto								
Perfuração pelo sistema de rotopercussão									
Máquina:	Rotamec 50				Diâmetro:		8 1/2" até à profundidade de 27 m		
Equipamento:	nº 4						reduzido para 6 1/2" até à profundidade final 80 m		
Isolamento de águas superficiais									
até à profundidade de		27		m					
com tubo de revestimento de		PVC		1,0		Mpa		de 200 mm de diâmetro	
Coluna de captação									
Aquíferos encontrados					Tubo ralo colocado				
aos	28	m		500	l/h		de	28	m a 31 m
aos	70	m		500	l/h		de	40	m a 43 m
							de	55	m a 58 m
							de	69	m a 72 m
Diâmetro do tubo:		140		mm					
Abertura das fendas:		1		mm					
Quantidade de tubo fechado:		68		m					
Quantidade de tubo ralo:		12		m					
Areão calibrado:		-		m ³					
Desenvolvimento por ar comprimido (durante 1 hora)									
Ensaio de caudal					Caudal avaliado:		1.000 l/hora		
	Iniciado em:		-		Tempo de bombagem:		- h (air lift)		
	Terminado em:		-		Caudal diário possível:		24.000 l/dia		
Início em:		06-09-1999							
Conclusão:		08-09-1999							
Observações:		Electrobomba submersível deverá ser instalada a 60 m de profundidade.							
		Caudal de exploração recomendado - 1.000 l/hora.							
Segundo relatório técnico da HIDRONORTE, Setembro de 1999									

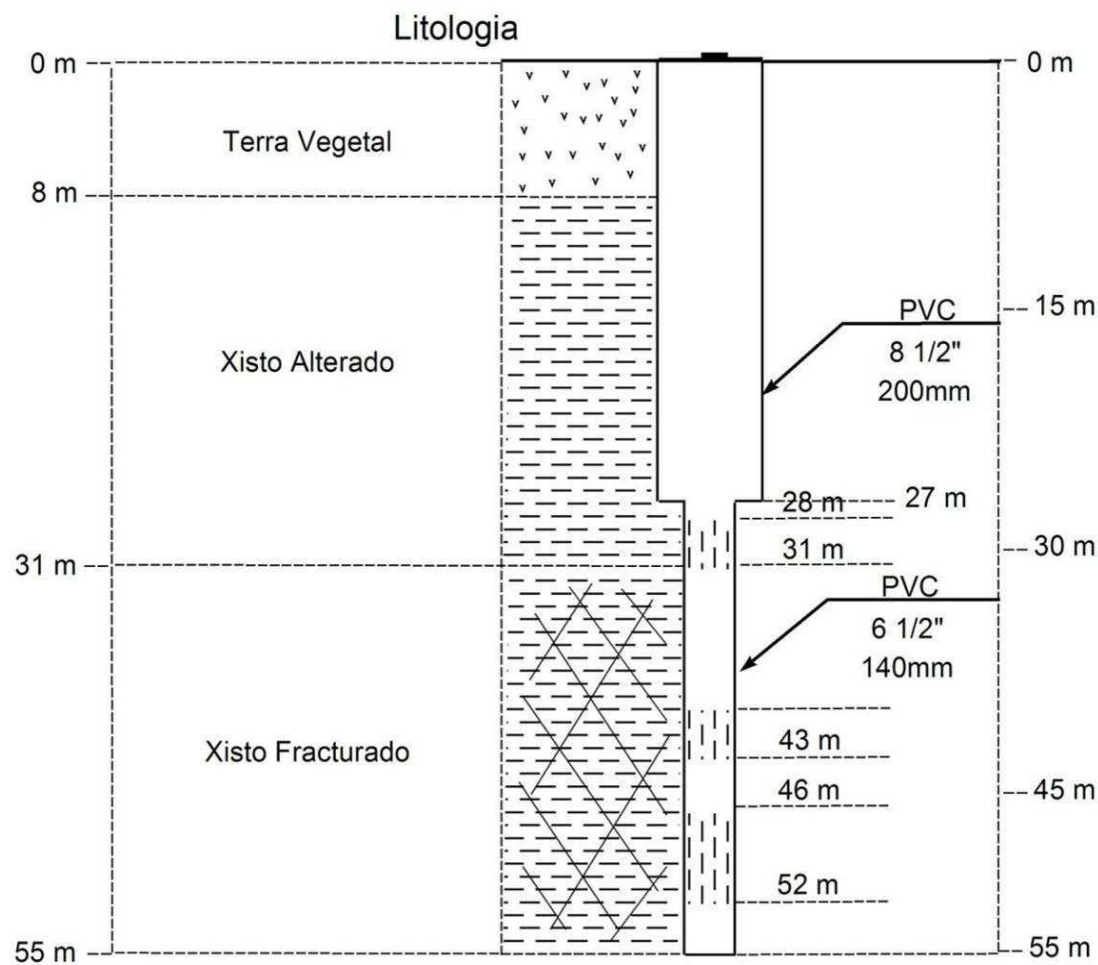
Log do furo de captação de água VL8 - Lado nascente.



Relatório de furo de captação de água, VL8 – Lado ponte.

Relatório									
Obra:	Captação de água								
Para:	Empresa Electromecânica, SA								
FURO Nº1									
Local:	Candal - Lado Poente V8				Licença prévia de pesquisa nº		432/99		
Freguesia:	Candal				Coordenadas:		M=	158,29	P= 463,21
Concelho:	Vila Nova de Gaia				Carta Militar:		Escala:	1/25000	nº 122
Distrito:	Porto								
Perfuração pelo sistema de rotopercussão									
Máquina:	Rotamec 50				Diâmetro:		8 1/2" até à profundidade de 27 m		
Equipamento:	nº 4						reduzido para 6 1/2" até à profundidade		
				final 55 m					
Isolamento de águas superficiais									
até à profundidade de		27		m					
com tubo de revestimento de		PVC		1,0		Mpa		de 200 mm de diâmetro	
Coluna de captação									
Aquíferos encontrados				Tubo ralo colocado					
aos	29	m	3500	l/h	de	28	m	a	31 m
aos	40	m	1500	l/h	de	40	m	a	43 m
					de	46	m	a	52 m
Diâmetro do tubo:		140		mm					
Abertura das fendas:		1		mm					
Quantidade de tubo fechado:		43		m					
Quantidade de tubo ralo:		12		m					
Areão calibrado:		-		m ³					
Desenvolvimento por ar comprimido (durante 1 hora)									
Ensaio de caudal				Caudal avaliado:		5.000		l/hora	
	Iniciado em:	-		Tempo de bombagem:		-		h (air lift)	
	Terminado em:	-		Caudal diário possível:		120.000		l/dia	
Início em:		03-09-1999							
Conclusão:		04-09-1999							
Observações:		Electrobomba submersível deverá ser instalada a 50 m de profundidade.							
		Caudal máximo de exploração - 5.000 l/hora.							
Segundo relatório técnico da HIDRONORTE, Setembro de 1999									

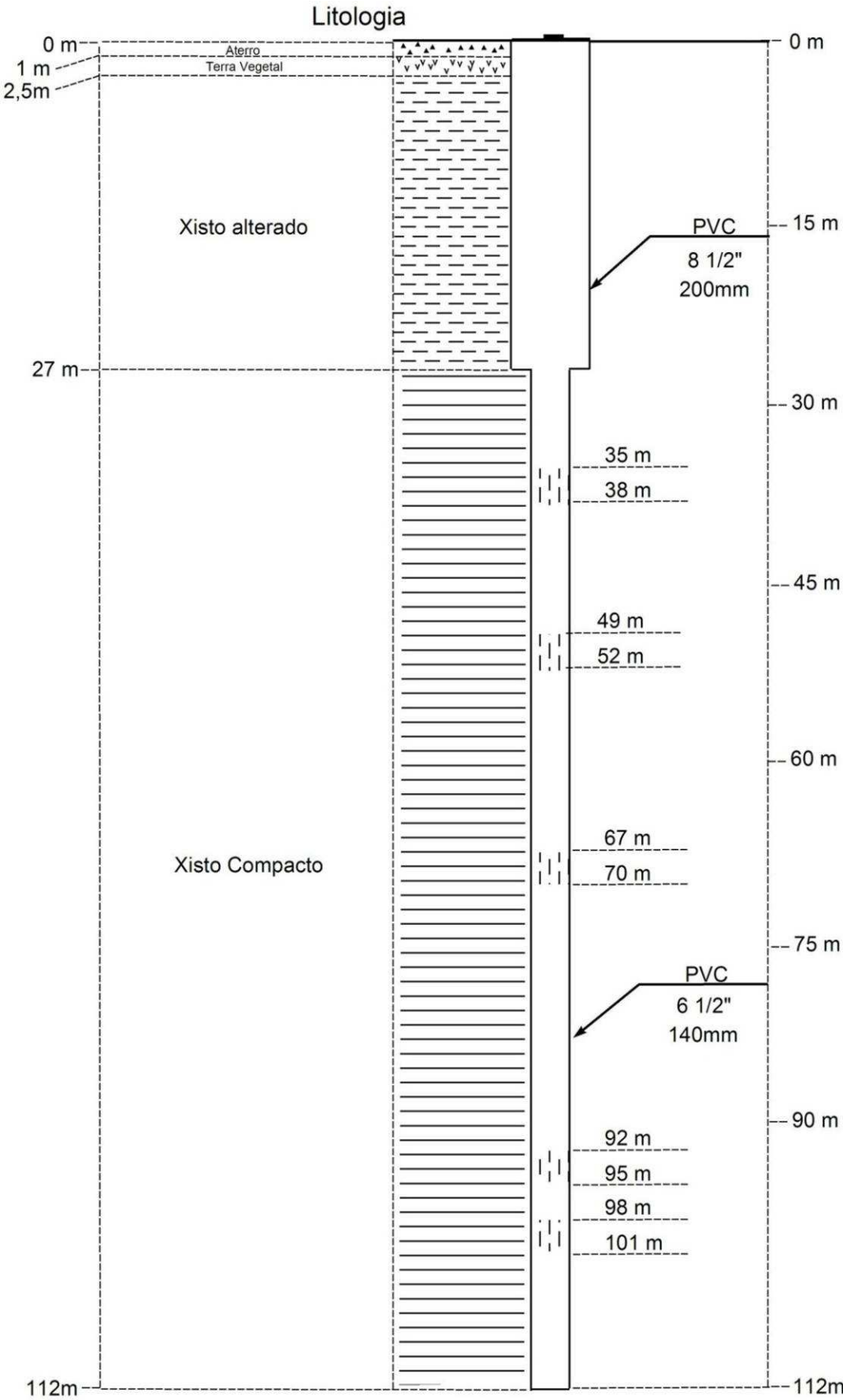
Log do furo de captação de água VL8-Lado poente.



Relatório de furo de captação de água, VL8 – Posto de abastecimento (ESSO, SA).

Relatório									
Obra:	Captação de água								
Para:	ESSO Portuguesa, SA.								
FURO Nº1									
Local:	VL8			Licença prévia de pesquisa nº		2/99			
Freguesia:	Santa Marinha			Coordenadas:		M=	157,82	P=	463,70
Concelho:	Vila Nova de Gaia			Carta Militar:		Escala:	1/25000	nº	122
Distrito:	Porto								
Perfuração pelo sistema de rotopercussão									
Máquina:	Rotamec 50			Diâmetro:		8 1/2" até à profundidade de 27 m			
Equipamento:	nº 4					reduzido para 6 1/2" até à profundidade			
			final 112 m						
Isolamento de águas superficiais									
até à profundidade de		27		m					
com tubo de revestimento de		PVC rígido		classe	10	de	200	mm de diâmetro	
Coluna de captação									
Drenagem com tubo roscado		PVC rígido		classe	10				
Aquíferos encontrados				Tubo ralo colocado					
aos	35	m	1000	l/h	de	35	m	a	38
aos	49	m	1000	l/h	de	49	m	a	52
aos	67	m	1000	l/h	de	67	m	a	70
aos	92	m	1000	l/h	de	92	m	a	95
					de	98	m	a	101
Diâmetro do tubo:		140	mm						
Abertura das fendas:		1	mm						
Quantidade de tubo fechado:		97	m						
Quantidade de tubo ralo:		15	m						
Areão calibrado:		1	m ³						
Desenvolvimento por ar comprimido (durante 1 hora)									
Ensaio de caudal				Caudal avaliada:		4.000	l/hora		
	Iniciado em:	-		Tempo de bombagem:		-	h (air lift)		
	Terminado em:	-		Caudal diário possível:		96.000	l/dia		
Início em:	12-01-1999								
Conclusão:	14-01-1999								
Observações:	Electrobomba submersível deverá ser instalada a 100 m de profundidade.								
	Caudal máximo de exploração - 4.000 l/hora.								
Segundo relatório técnico da HIDRONORTE, Janeiro de 1999									

Log do furo de captação de água VL8-Posto de abastecimento (ESSO, SA).



Relatório de furo de captação de água Centro Comercial Arrábida.

Relatório											
Obra:	Captação de água										
Para:	SONAE IMOBILIARIA GESTÃO, SA										
FURO Nº HDN1											
Local:	Centro Comercial Arrábida				Licença prévia de pesquisa nº		34/01/2005				
Freguesia:	Afurada				Coordenadas:		M=	157,70	P=	463,78	
Concelho:	Vila Nova de Gaia				Carta Militar:		Escala:	1/25000	nº	122	
Distrito:	Porto										
Perfuração pelo sistema de rotopercussão											
Máquina:	Rotamec 50				Diâmetro:		8 1/2" até à profundidade de 30 m				
Equipamento:	nº 4						reduzido para 6 1/2" até à profundidade				
				final 110 m							
Isolamento de águas superficiais											
até à profundidade de		30		m							
com tubo de revestimento de		PVC rígido		1,0		Mpa		de		200	mm de diâmetro
Coluna de captação											
Drenagem com tubo roscado de		PVC rígido		classe		10					
Aquíferos encontrados				Tubo ralo colocada							
aos	34	m	500	l/h	de	40	m	a	43	m	
aos	40	m	500	l/h	de	65	m	a	68	m	
aos	79	m	1000	l/h	de	77	m	a	80	m	
					de	89	m	a	92	m	
					de	98	m	a	101	m	
Diâmetro do tubo:		140	mm								
Abertura das fendas:		1	mm								
Quantidade de tubo fechado:		95	m								
Quantidade de tubo ralo:		15	m								
Areão calibrado:		1	m ³								
Desenvolvimento por ar comprimido (durante 1 hora)											
Ensaio de caudal				Caudal avaliado:		2.000 l/hora					
	Iniciado em:		-		Tempo de bombagem:		1 h (air lift)				
	Terminado em:		-		Caudal diário possível:		48.000 l/dia				
Início em:		15-11-2005									
Conclusão:		21-11-2005									
Observações:		Electrobomba submersível deve ser instalada a 100 m de profundidade.									
		Caudal de exploração recomendado - 2.000 l/hora.									
Segundo relatório técnico da HIDRONORTE, Novembro de 2005											

Log do furo de captação de água do Centro Comercial Arrábida.

